

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

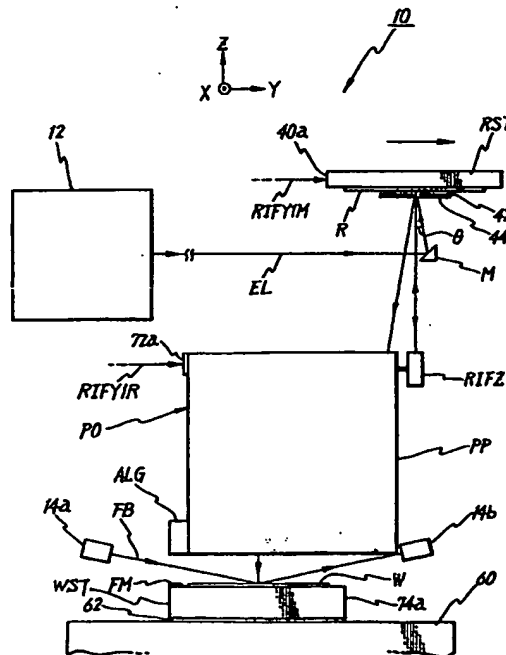
(51) 国際特許分類 H01L 21/027, G03F 9/00, 7/20		A1	(11) 国際公開番号 WO99/45581
			(43) 国際公開日 1999年9月10日(10.09.99)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/00988		(81) 指定国 AL, AU, BA, BB, BG, BR, CA, CN, CU, CZ, EE, GD, GE, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KR, LC, LK, LR, LT, LV, MG, MK, MN, MX, NO, NZ, PL, RO, SG, SI, SK, SL, TR, TT, UA, US, UZ, VN, YU, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM)	
(22) 国際出願日 1999年3月2日(02.03.99)			
(30) 優先権データ 特願平10/66273 1998年3月2日(02.03.98) JP			
(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 ニコン(NIKON CORPORATION)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo, (JP)		添付公開書類 国際調査報告書	
(72) 発明者 ; および			
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 太田和哉(OTA, Kazuya)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコン内 Tokyo, (JP)			
(74) 代理人 弁理士 立石篤司, 外(TATEISHI, Atsuji et al.) 〒194-0013 東京都町田市原町田5丁目4番20号 パセオビル5階 Tokyo, (JP)			

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR EXPOSURE, METHOD OF MANUFACTURE OF EXPOSURE TOOL, DEVICE, AND METHOD OF MANUFACTURE OF DEVICE

(54) 発明の名称 露光装置及び露光方法、露光装置の製造方法、並びにデバイス及びその製造方法

(57) Abstract

When a mask (R) is irradiated obliquely with light (EL) from a lighting system, the light (EL) reflected from the mask (R) is projected onto a wafer (W) through a projection optic system (PO), and the pattern of the mask (R) is transferred to the wafer. If the magnification of the projection optic system (PO) changes because of a vertical movement of the mask (R), a control unit detects the projection position of the mask pattern image on a stage (WST) by a spatial image detector (FM) and also detects a mark on the spatial image detector (FM) by a mark detector (ALG) so as to determine the baseline of the mark detector. Thus, the positional deviation of the projection position of the mask pattern image on the wafer due to the change in magnification is corrected to sufficiently restrict or prevent alignment inaccuracy involved in the change in magnification.



(57)要約

照明系によりマスク（Ｒ）に対し照明光（ＥＬ）が斜めから照射されると、マスク（Ｒ）から出射された照明光（ＥＬ）が投影光学系（ＰＯ）によって基板（Ｗ）上に投射され、マスク（Ｒ）のパターンが基板上に転写される。この転写に際して、投影光学系（ＰＯ）の投影倍率がマスク（Ｒ）の上下動によって変更された時に、制御装置では空間像計測器（ＦＭ）を用いてマスクのパターン像のステージＷＳＴ上への投影位置を検出するとともに、空間像計測器（ＦＭ）上のマークをマーク検出系（ＡＬＧ）を用いて検出することにより、マーク検出系のベースライン量を求める。これにより、投影倍率の変更に伴うマスクのパターン像の基板上への投影位置の位置ずれを補正して、投影倍率の変更に伴う重ね合わせ精度の劣化を防止あるいは十分に抑制することが可能になる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE アラブ首長国連邦	DM ドミニカ	KZ カザフスタン	SD スーダン
AL アルバニア	EE エストニア	LC セントルシア	SE スウェーデン
AM アルメニア	ES スペイン	LI リヒテンシュタイン	SG シンガポール
AT オーストリア	FI フィンランド	LK スリ・ランカ	SI スロヴェニア
AU オーストラリア	FR フランス	LR リベリア	SK スロヴァキア
AZ アゼルバイジャン	GA ガボン	LS レソト	SL シエラ・レオネ
BA ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB 英国	LT リトアニア	SN セネガル
BB バルバドス	GD グレナダ	LU ルクセンブルグ	SZ スワジランド
BE ベルギー	GE グルジア	LV ラトヴィア	TD チャード
BF ブルキナ・ファソ	GH ガーナ	MC モナコ	TG トーゴ
BG ブルガリア	GM ガンビア	MD モルドヴァ	TJ タジキスタン
BJ ベナン	GN ギニア	MG マダガスカル	TZ タンザニア
BR ブラジル	GW ギニア・ビサウ	MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM トルクメニスタン
BY ベラルーシ	GR ギリシャ	共和国	TR トルコ
CA カナダ	HR クロアチア	ML マリ	TT トリニダード・トバゴ
CF 中央アフリカ	HU ハンガリー	MN モンゴル	UA ウクライナ
CG コンゴ	ID インドネシア	MR モーリタニア	UG ウガンダ
CH スイス	IE アイルランド	MW マラウイ	US 米国
CI コートジボアール	IL イスラエル	MX メキシコ	UZ ウズベキスタン
CM カメルーン	IN インド	NE ニジェール	VN ヴイエトナム
CN 中国	IS アイスランド	NL オランダ	YU ユーゴスラビア
CR コスタ・リカ	IT イタリア	NO ノールウェー	ZA 南アフリカ共和国
CJ キューバ	JP 日本	NZ ニュー・ジーランド	ZW ジンバブエ
CY キプロス	KE ケニア	PL ポーランド	
CZ チェッコ	KG キルギスタン	PT ポルトガル	
DE ドイツ	KP 北朝鮮	RO ルーマニア	
DK デンマーク	KR 韓国	RU ロシア	

## 明 細 書

露光装置及び露光方法、露光装置の製造方法、並びにデバイス及びその製造方法

### 技術分野

本発明は、露光装置及び露光方法、露光装置の製造方法、並びにデバイス及びその製造方法に係り、更に詳しくは、例えば半導体素子や液晶表示素子等の回路デバイスをリソグラフィ工程で製造する際に用いられる露光装置及び露光方法、前記露光装置の製造方法、並びに前記露光装置及び露光方法を用いたデバイスの製造方法及びデバイスに関する。

### 背景技術

現在、半導体デバイスの製造現場では、波長 365 nm の水銀ランプの i 線を照明光とした縮小投影露光装置、所謂ステッパを使って最小線幅が 0.3 ~ 0.35  $\mu\text{m}$  程度の回路デバイス（64 M（メガ）ビットの D-RAM 等）を量産製造している。同時に、256 M ビット、1 G（ギガ）ビット D-RAM クラスの集積度を有し、最小線幅が 0.25  $\mu\text{m}$  以下の次世代の回路デバイスを量産製造するための露光装置の導入が始まっている。

その次世代の回路デバイス製造用の露光装置として、KrF エキシマレーザ光源からの波長 248 nm の紫外パルスレーザ光、或いは ArF エキシマレーザ光源からの波長 193 nm の紫外パルスレーザ光を照明光とし、回路パターンが描画されたマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）と感応基板としてのウエハとを縮小投影光学系の投影視野に対して相対的に 1 次元走査することで、ウエハ上の 1 つのショット領域内にレチクルの回路パターン全体を転写する走査露光動作とショット間ステッピング動作とを繰り返す、ステ

ップアンドスキャン方式の走査型露光装置の開発が行われている。

ところで、半導体デバイスの集積度は、将来的に更に高集積化し、1 Gビットから4 Gビットに移行することは間違いがなく、その場合のデバイスルールは0.1  $\mu\text{m}$ すなわち100 nm L/S程度となり、上記の波長193 nmの紫外パルスレーザー光を照明光として用いる露光装置により、これに対応するには技術的な課題が山積している。デバイスルール（実用最小線幅）を表す露光装置の解像度は、一般的に露光波長 $\lambda$ と、投影光学系の開口数N. A. を用いて次式（1）で表される。

$$(\text{解像度}) = k \cdot \lambda / \text{N. A.} \quad \dots\dots (1)$$

ここで、kはケイファクタと呼ばれる1以下の正の定数で、使用されるレジストの特性などにより異なる。

上記式（1）から明らかなように解像度を高くするには、波長 $\lambda$ を小さくすることが極めて有効であるため、最近になって波長5～15 nmの軟X線領域の光（本明細書では、この光を「EUV（Extreme Ultraviolet）光」とも呼ぶ）を露光光として用いるEUV露光装置の開発が開始されるに至っており、かかるEUV露光装置が最小線幅100 nmの次世代の露光装置の有力な候補として注目されている。

EUV露光装置では、一般的に反射型レチクルを用い、この反射型レチクルに照明光を斜めから照射し、そのレチクル面からの反射光を投影光学系を介してウエハ上に投射することによって、レチクル上の照明光で照射された照明領域内のパターンがウエハ上に転写されるようになっている。また、このEUV露光装置では、レチクル上にはリング状の照明領域が設定され、レチクルとウエハとを投影光学系に対して相対走査することによりレチクル上のパターンの全面を投影光学系を介してウエハ上に逐次転写する走査露光方法が採用されている。

これは、EUV露光装置に使用される光の波長（5～15 nm）においては、

吸収なく効率的に光を透過する物質が存在しないから必然的に反射型レチクルを使用する他なく、またビームスプリッタを作成するのも困難であるため、必然的にレチクルに対する照明光は斜めから照射しなくてはならないからである。

このため、レチクル側が非テレセントリックになり、光軸に沿う方向のレチクルの変位がウエハ上ではリング状の露光領域（レチクル上の前記リング状照明領域に対応するウエハ上の領域）の長手方向には倍率変化、短手方向には位置変化として現われる。

具体的な数値を挙げて説明する。露光光として波長  $13\text{ nm}$  の EUV 光を使用して解像度  $100\text{ nm L/S}$  の投影光学系を設計するものとする。

上記式（１）式は、次式（２）のように変形できる。

$$N.A. = k \cdot \lambda / (\text{解像度}) \quad \dots\dots (2)$$

今仮に  $k = 0.8$  とすれば、（２）式より、解像度  $100\text{ nm L/S}$  を得るために必要な  $N.A.$  は、 $N.A. = 0.104 \approx 0.1$  であることが分かる。勿論、この  $N.A.$  はウエハ側における値であり、レチクル側のそれとは異なる。

ここで、投影光学系の投影倍率を、 $i$  線、 $g$  線、や KrF エキシマレーザ、或いは ArF エキシマレーザを露光光として用いる従来の遠紫外線露光装置（DUV 露光装置）で一般的に用いられる  $4:1$  とすると、ウエハ側で  $N.A.$  が  $0.1$  ならば、レチクル側はその  $4$  分の  $1$  の  $0.025$  である。このことは、レチクルに照射される照明光は、主光線に対して角度約  $\pm 25\text{ mrad}$  の広がりを持つことを意味する。従って、入射光と反射光が互いに重ならないようにするには、入射角は最低でも  $25\text{ mrad}$  以上でなければならないことになる。

例えば、図 17 において、入射角  $\theta$ （＝出射角  $\theta$ ）を  $50\text{ mrad}$  とすれば、レチクル R のパターン面の Z 方向の変位（以下、適宜「レチクルの Z 方向の変位」ともいう） $\Delta Z$  に対するレチクル R に描かれた回路パターンの横ずれ  $\varepsilon$  は次式（３）で表わされる。

$$\varepsilon = \Delta Z \cdot \tan \theta \quad \dots\dots (3)$$

この式(3)から、例えばレチクルRが図17の上下方向(Z方向)に1 $\mu$ m変位した場合、レチクルパターン面における像の横ずれは約50nmとなり、ウエハ上ではその4分の1の12.5nmの像シフトが生ずることがわかる。デバイスルールが100nmL/Sの半導体プロセスにおいて許容できるオーバーレイ誤差(重ね合せ誤差)は30nm以下とも言われており、レチクルのZ方向の変位だけで12.5nmものオーバーレイ誤差が生ずることは非常に厳しいと言える。すなわち、オーバーレイ誤差は、その他の要因、レチクルとウエハの位置合わせ精度(アライメント精度)やいわゆるステッピング精度を含むウエハステージの位置決め精度や投影光学系のディストーション等によってそれぞれ10nm程度生じ得るからである。

ところで、先にも述べたように、EUV露光装置に使用される光の波長(5~15nm)においては、吸収なく効率的に光を透過する物質が存在しないから、必然的に投影光学系は数枚のミラー(反射光学素子)のみによって構成されるオール反射光学系を用いる他ない。このため、投影倍率の制御が困難になるという厄介な問題が生じる。

すなわち、従来のKrFエキシマレーザ等を光源とする遠紫外線露光装置(DUV露光装置)では投影倍率の制御のために①レンズ間隔の変更や②レンズ間に設けられた密閉室の気圧を変更するという手法が一般的に採用されているが、レンズ間隔と同様にミラー間隔やミラーの曲率を変更して投影倍率を制御することは現実には容易でなく、また、EUV光は気体によっても吸収されるため、その光路は全て真空にしなければならず、投影光学系の内部の気圧変更という手法を採用できないからである。

EUV露光装置における投影倍率の制御方法として有力な選択肢の1つは、前述した光軸に沿う方向のレチクルの変位がウエハ上ではリング上の露光領域の長手方向には倍率変化として現れる現象を利用すること、すなわち、レチク

ルを投影光学系の光軸方向に意識的に変位させて投影倍率を制御する手法である。

例えば、前述した図17の例では、レチクル側の光束の傾きが $50\text{ mrad}$ であるから、リングフィールド（リング状照明領域）の半径が例えばレチクル側で $200\text{ mm}$ であるとする、レチクルRが投影光学系から $1\text{ }\mu\text{m}$ 遠ざかった場合、リングフィールドの半径は $(200\text{ mm} + 50\text{ nm})$ になる。すなわち、ウエハ上に投影されたレチクル像（パターン像）は、 $(50 \times 10^{-9}) \div (200 \times 10^{-3}) = 0.25 \times 10^{-6} = 0.25\text{ ppm}$ 拡大する。レチクルRが投影光学系に近づけば逆に縮小する。

しかるに、ウエハは何層ものプロセスを経ることによって、元の大きさに比べて $10\text{ ppm}$ 以上も拡大、又は縮小することが知られている。上の例では、 $10\text{ ppm}$ の倍率制御を行なうためには、レチクルRをZ方向に $10 \div 0.25 \times 1 = 40\text{ }\mu\text{m}$ 上下させなければならない。しかし、問題なのは、 $40\text{ }\mu\text{m}$ のレチクルの上下動によって投影倍率を $10\text{ ppm}$ 制御すると、レチクルの変位はウエハ上でリング状の露光領域に投影されるレチクル像が長手方向（非走査方向）に $10\text{ ppm}$ 伸縮するのみでなく、短手方向（走査方向）に $40 \times 12.5 = 500\text{ nm}$ の位置変化、すなわち横ずれ（像シフト）として現れることである。線幅 $100\text{ nm}$ のリソグラフィにおいては、トータルオーバーレイとして線幅の約 $1/3$ 、 $30\text{ nm}$ が求められるから、倍率制御によって像が $500\text{ nm}$ もずれてしまうことは、決して許されない。

このような事情により、EUV露光装置等のレチクル側が非テレセントリックな光学系を採用する露光装置にあつては、投影倍率の変更に伴うオーバーレイ誤差を確実に低減することができる新技術の開発が今や急務となっている。

本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、投影光学系の結像特性（倍率等）を含む光学特性の調整（又は変更）に起因する重ね合せ精度の劣化を防止あるいは十分に抑制することができる露光装置を提供する



ことにある。

また、本発明の第2の目的は、投影光学系の結像特性（倍率等）を含む光学特性の調整（又は変更）に起因する重ね合せ精度の劣化を防止あるいは十分に抑制することができる露光方法を提供することにある。

#### 発明の開示

本発明は、第1の観点からすると、マスク（R）のパターンを基板（W）上に転写する露光装置であって、前記マスクに露光用照明光（EL）を照射する照明系（12、M、44）と；前記マスクから出射された前記露光用照明光を前記基板上に投射する投影光学系（PO）と；前記投影光学系の投影倍率を変更する倍率変更装置（RIFZ、34、80）と；前記基板を保持する基板ステージ（WST）と；前記基板ステージ上に存在するマークを検出するマーク検出系（ALG）と；前記マスクパターンの前記基板上への転写に際して、前記倍率変更装置により倍率に変更された時に、その倍率変更後に対応する前記マーク検出系のベースライン量を用いて前記マスクパターンの投影位置ずれを補正する補正装置とを備える第1の露光装置である。

ここで、「基板ステージ上に存在するマーク」とは、基板ステージ自身の上に形成された基準マーク等のマークのみならず、基板ステージ上に載置された物体、例えば基板上に形成されたマークをも含む。本明細書において、「基板ステージ上に存在するマーク」という用語を用いる。

また、マーク検出系の「ベースライン量」とは、通常と同様の意義を有し、具体的には、マーク検出系の検出中心とマスクのパターンの基板ステージ上への投影位置との相対位置関係に関する情報であり、例えば基板ステージ（基板）の位置制御に用いられる。本明細書においては、このような意味で「ベースライン量」という用語を用いる。

本発明に係る第1の露光装置によれば、照明系によりマスクに対し露光用照

明光が照射されると、マスクから出射された露光用照明光が投影光学系によって基板上に投射され、露光用照明光で照明されたマスク上の領域のパターンが基板上に転写される。このマスクパターンの転写に際して、投影光学系の投影倍率が倍率変更装置によって変更された時に、補正装置ではその倍率変更後に対応するマーク検出系のベースライン量を用いてマスクパターンの投影位置ずれを補正する。従って、投影倍率の変更に伴う重ね合わせ精度の劣化を防止あるいは十分に抑制することが可能になる。

本発明に係る第1の露光装置では、前記基板ステージ（W S T）上には特定の基準マークを含む少なくとも1つの基準マークが形成され、前記特定の基準マークと前記マスクのパターン像の前記基板ステージ上への投影位置との相対位置関係を検出する位置検出系（F M）を更に備え、前記補正装置は、前記位置検出系を用いて前記相対位置関係を検出した結果と、前記マーク検出系を用いて前記基板ステージ上の前記特定の基準マーク及び該基準マークとの関係が既知の異なる基準マークの一方を検出した結果とに基づいて、前記倍率変更後に対応する前記ベースライン量を求める制御装置（80）を有することとすることができる。かかる場合には、マスクパターンの転写に際して、投影光学系の投影倍率が倍率変更装置によって変更された時に、補正装置を構成する制御装置では、位置検出系を用いて基板ステージ上の特定の基準マークとマスクのパターン像の基板ステージ上への投影位置との相対位置関係を検出した結果と、基板ステージ上の特定の基準マークあるいはこれと異なる基準マーク（特定の基準マークとの位置関係は既知である）をマーク検出系を用いて検出した結果とに基づいて、倍率変更後に対応するマーク検出系のベースライン量、すなわちマスクのパターン像の基板ステージ上への投影位置とマーク検出系の検出中心との位置関係を求める。すなわち、補正装置では、倍率変更後には、実際にベースライン量を計測して、その計測結果を用いて投影倍率の変更に伴うマスクのパターン像の基板上への投影位置の位置ずれを補正する。従って、投影倍

率の変更に伴う重ね合わせ精度の劣化を防止あるいは十分に抑制することが可能になる。

上述のように投影倍率の変更に、実際にベースライン量を計測する場合には、前記マーク検出系（ALG）は、焦点検出系を有し、前記マーク検出系による前記基板ステージ上に存在するマークの検出の際に、前記焦点検出系の検出結果に基づいて前記マーク検出系の焦点位置に前記マークが位置するように前記基板ステージの前記光軸方向の位置を調整する調整装置を更に備えることが望ましい。かかる場合には、ベースライン量の計測に際して、基板ステージ上の特定の基準マークあるいはこれと異なる基準マーク（特定の基準マークとの位置関係は既知である）をマーク検出系を用いて検出する際に、焦点検出系の検出結果に基づいてマーク検出系の焦点位置に前記検出対象の基準マークが位置するように調整装置により基板ステージの位置を調整して前記基準マークを検出することができる。従って、露光に先立つ基板のアライメント計測の際に、上記と同様にしてマーク検出系の焦点位置に基板を位置させて基板上のアライメントマークをマーク検出系により検出することにより、結果的に高精度な基板の位置制御が可能になる。

本発明に係る第1の露光装置では、前記基板ステージ（WST）上には特定の基準マークを含む少なくとも1つの基準マークが形成され、前記特定の基準マークと前記マスクのパターン像の前記基板ステージ上への投影位置との相対位置関係を検出する位置検出系（FM）を更に備え、前記補正装置は、前記位置検出系の検出結果と、前記マーク検出系（ALG）を用いて前記基板ステージ上の前記特定の基準マーク及び該基準マークとの関係が既知の異なる基準マークの一方を検出した結果とに基づいて算出された前記マーク検出系のベースライン量を予め記憶する記憶装置（81）と、前記変更された倍率に応じて前記記憶装置に記憶された前記ベースライン量を計算によって補正する計算装置（80）とを有することとすることができる。かかる場合には、記憶装置には、

位置検出系の検出結果とマーク検出系を用いて基板ステージ上の特定の基準マーク及び該基準マークとの関係が既知の異なる基準マークの一方を検出した結果とに基づいて算出されたベースライン量が予め記憶されている。そして、マスクパターンの転写に際して、投影光学系の投影倍率が倍率変更装置によって変更された時に、補正装置を構成する計算装置では、倍率変更装置により変更された倍率に応じて記憶装置内に記憶されているベースライン量を計算によって補正する。このベースライン量の補正は、例えば倍率変更装置の制御量と基板上でのマスクパターン像の位置ずれ量との関係に基づいて行われる。このように、本発明によれば、実際のベースライン計測を予め行い、その結果を記憶装置に記憶しておくだけで、倍率変更時には、計算のみにて投影倍率の変更に伴うマスクのパターン像の基板上への投影位置の位置ずれを補正することが可能になる。従って、投影倍率の変更に伴う重ね合わせ精度の劣化を防止しあるいは十分に抑制することができ、しかもスループットの向上が可能になる。

本発明に係る第1の露光装置では、倍率変更装置により投影倍率が変更された際に、実際にマーク検出系のベースライン量を計測する場合、あるいは計算により予め求めたベースライン量を計算にて補正することにより投影倍率変更後に対応するベースライン量を求める場合のいずれの場合でも、前記露光用照明光（EL）が軟X線領域の光である場合には、前記位置検出系は、前記基板ステージ（WST）上に設けられ、蛍光発生物質（63）と、この表面に前記露光用照明光の反射層（64）及び吸収層の一方から成る薄膜により形成された前記特定の基準マークを兼ねる開口（SLT1、SLT2）と、前記開口を介して前記露光用照明光が前記蛍光発生物質に到達した際に前記蛍光発生物質が発する光を光電変換する光電変換素子（PM）とを有する空間像計測器（FM）であることが望ましい。かかる場合には、前述した如く、通常軟X線領域の光を透過する物質は存在しないにもかかわらず、かかる光を露光用照明光として用いる場合にも、その位置検出系、すなわち空間像計測器によりその露光

用照明光を用いて空間像計測が可能となる。従って、この位置検出系を用いて基板ステージ上の特定の基準マーク（上記開口）とマスクのパターン像の基板ステージ上への投影位置との相対位置関係を容易に検出することができる。

本発明に係る第1の露光装置では、投影倍率の変更方法は種々考えられるが、例えば、前記倍率変更装置は、前記マスクを前記投影光学系の光軸方向に駆動する装置により構成することができる。物体面側（マスク側）が非テレセントリックな投影光学系の場合には勿論、たとえ両側テレセントリックの投影光学系であっても完全に（投影視野内の各像高で）テレセントリックの光学系の製作は現実的には困難であるため、いずれにしても、マスクを前記投影光学系の光軸方向に駆動すれば、投影光学系が屈折光学系、反射屈折光学系、あるいは反射光学系のいずれであっても投影倍率（ないしディストーション）が変化するので、これを利用することにより投影倍率を容易に変更できる。

本発明に係る第1の露光装置では、前記投影光学系が、反射光学素子を含む光学系である場合には、前記倍率変更装置は、前記投影光学系の光学特性を変更する光学特性変更装置とすることができる。この場合において、前記光学特性変更装置は、例えば複数の反射光学素子の間隔を変更する装置であっても良いが、例えば前記反射光学素子の曲率を変更するものであっても良い。

本発明に係る第1の露光装置では、前記投影光学系（PO）は、反射光学素子を含む光学系であり、前記マスクを保持するマスクステージ（RST）と、該マスクステージと前記基板ステージ（WST）とを前記投影光学系の光軸方向に直交する第1方向に同期移動する駆動装置（80、34、62）とを更に備える場合に、前記倍率変更装置（RIFZ、34、80）は、前記マスクステージを介して前記マスクを前記投影光学系の光軸方向に駆動して前記投影光学系の光軸方向及び前記第1方向に直交する第2方向の倍率を変更する装置とすることができる。

かかる場合には、照明系によりマスクに対し露光用照明光が照射されると、

マスクから出射された露光用照明光が投影光学系によって基板上に投射され、露光用照明光で照明されたマスク上の領域のパターンが基板上に転写される。このマスクパターン転写に際して、駆動装置ではマスクステージと基板ステージとを投影光学系の光軸方向に直交する第1方向に同期移動する。これにより、走査露光によりマスクのパターンの全面が基板上に転写される。また、倍率変更装置が、マスクステージを投影光学系の光軸方向に駆動して投影光学系の光軸方向及び第1方向に直交する第2方向の倍率を変更する装置であることから、第2方向については容易に投影倍率の制御が可能であるとともに、第1方向(走査方向)についての倍率調整は同期速度比の制御により容易に実現できる。また、補正装置によって投影倍率の変更に伴うマスクのパターン像の基板上への投影位置の位置ずれは補正できる。従って、投影倍率の変更に伴う重ね合わせ精度の劣化を防止しあるいは十分に抑制することができ、しかも倍率制御が容易である。この場合において、前記露光用照明光は特に限定されないが、例えば真空紫外域の光であっても良い。あるいは、前記投影光学系は、反射光学素子のみから成る反射光学系であり、前記マスクは、反射型マスクであっても良い。

上記の如く、反射光学素子のみから成る反射光学系と、反射型マスクとの組み合わせを用いる場合には、前記露光用照明光は軟X線領域の光であっても良い。

本発明に係る第1の露光装置において、前記基板ステージ(WST)上の基板(W)の前記投影光学系の光軸方向の位置を検出する焦点位置検出系(14a、14b)と、前記倍率変更装置による前記マスクの前記光軸方向の駆動量に対応したオフセットを前記焦点検出系に与え、該焦点位置検出系の検出結果に基づいて前記基板ステージの光軸方向の位置をフィードバック制御するステージ制御装置とを更に備えることができる。かかる場合には、ステージ制御装置により、マスクパターンの転写時の基板の光軸方向の位置を投影光学系の焦

点位置に設定することができることに加え、特に前記基板ステージ（W S T）上には特定の基準マークを含む少なくとも1つの基準マークが形成され、前記特定の基準マークと前記マスクのパターン像の前記基板ステージ上への投影位置との相対位置関係を検出する位置検出系を更に備える場合には、ベースライン量の検出のため、位置検出器により特定の基準マークとマスクのパターン像の基板ステージ上への投影位置との相対位置関係を検出する際に、特定基準マークを投影光学系の焦点位置に設定することができるので、焦点ずれの無い状態での高精度な検出が可能となり、結果的にベースライン量をより正確に求めることができる。

本発明に係る第1の露光装置では、倍率変更装置による倍率変更は、例えば、マスクの熱変形等の補正を目的として、あるいは与えられた目標倍率に基づいて行っても良いが、前記マスク（R）のパターンの前記基板（W）に対する転写に先立って、前記マーク検出系（A L G）を用いて前記基板上の複数の位置合わせマークを検出する検出装置（80）を更に備える場合には、前記倍率変更装置（R I F Z、34、80）による倍率の変更は、前記検出装置による複数の位置合わせマークの位置検出結果に基づいて行うようにしても良い。かかる場合には、位置合わせマークの検出結果に基づいて基板の現実の倍率変化が求められ、その倍率変化に応じて倍率変更装置により投影倍率が変更されるので、重ね合わせ精度が向上する。

本発明に係る第1の露光装置において、前記投影光学系は、前記マスク側が非テレセントリックであっても良い。

本発明は、第2の観点からすると、マスク（R）のパターンを基板（W）上に繰り返し転写する露光装置であって、前記マスクに露光用照明光（E L）を照射する照明系（12、M、44）と；前記マスクから出射された前記露光用照明光を前記基板上に投射する投影光学系と；前記基板を保持する基板ステージ（W S T）と；前記基板ステージ上に存在するマークを検出するマーク検出

系（ALG）と；前記マーク検出系のベースライン量の更新の必要の有無を所定の判定条件に基づいて判断する判断装置と；前記判断装置の判断の結果が肯定的である場合には新たなベースライン量を求めるベースライン更新装置と；前記判断装置の判断結果が否定的である場合には、前記マスクパターンの前記基板への転写に際して予め求めた前記マーク検出系のベースライン量を用いて前記基板ステージの位置を制御し、前記判断装置の判断結果が肯定的である場合には、前記マスクパターンの前記基板への転写に際して前記新たなベースライン量を用いて前記基板ステージの位置を制御するステージ制御装置とを備える第2の露光装置である。

これによれば、マスクパターンが基板上に繰り返し転写される間に、判断装置によりマーク検出系のベースライン量の更新の必要の有無が所定の判定条件に基づいて判断され、ベースライン更新装置では、判断装置の判断の結果が肯定的である場合に新たなベースライン量を求める。そして、ステージ制御装置では、判断装置の判断結果が否定的である場合には、マスクパターンの基板への転写に際して予め求めたマーク検出系のベースライン量を用いて基板ステージの位置を制御し、判断装置の判断結果が肯定的である場合には、マスクパターンの基板への転写に際して更新装置で求められた新たなベースライン量を用いて基板ステージの位置を制御する。従って、上記の判断条件として、ベースライン量が許容値を超えて変動する可能性が高くなるか否かの推定が可能な条件を定めておけば、ベースライン量の変動が許容値内となり、マスクパターンの転写像の位置ずれが無視できるときには、露光中の基板ステージの位置制御を予め求めたベースライン量を用いて行い、ベースライン量の変動が許容値を超える可能性が高く、マスクパターンの転写像の位置ずれが無視できないときには、ベースライン量を計測（又は計算）により新たに求め、その新たに求めたベースライン量を用いて露光中の基板ステージの位置制御を行うようにすることができる。従って、マスクパターン像の基板への投影位置の位置ずれを防止



あるいは十分に抑制することができるとともに、必要な場合にだけベースライン量の再計測（又は再計算）を行うことからスループットの向上が可能である。

この場合において、上記の判断条件としては種々のものが考えられるが、例えば、前記判断装置は、マスクパターンの転写の対象である前記基板がロットの先頭であるか否かに基づいて前記マーク検出系のベースライン量の更新の必要の有無を判断することとしても良い。

本発明は、第3の観点からすると、マスク（R）と基板（W）とを同期移動させつつ前記マスクに形成されたパターンを投影光学系（PO）を介して前記基板上に転写する露光方法において、前記マスクのパターン面に対し所定の入射角で露光用照明光（EL）を照射して前記露光用照明光により照明されたマスクのパターンを前記投影光学系を介して前記基板上に転写するに際し、前記投影光学系の前記同期移動方向と直交する方向の投影倍率を所望の値に設定するとともに、この設定後に対応する前記基板上の位置合わせマークを検出するマーク検出系（ALG）のベースライン量を用いて前記基板の位置を制御することを特徴とする第1の露光方法である。

これによれば、マスクのパターン面に対し所定の入射角（入射角が0の場合を含む）で露光用照明光を照射して露光用照明光により照明されたマスクのパターンを投影光学系を介して基板上に転写するに際し、投影光学系の同期移動方向と直交する方向の投影倍率が所望の値に設定されると、この設定後に対応する基板上の位置合わせマークを検出するマーク検出系のベースライン量を用いて基板の位置が制御される。この場合、同期移動方向の投影倍率は、マスクと基板との同期速度比を調整することにより制御できる。従って、投影倍率の変更、及びこれに伴う重ね合わせ精度の劣化防止が可能になる。

この場合において、前記投影倍率の設定後に対応する前記ベースライン量は、前記投影倍率の設定後に検出されるものであっても良く、あるいは前記投影倍率の設定後に対応する前記ベースライン量は、その設定された投影倍率に応じ

て、予め求められたベースライン量を計算により補正したものであっても良い。後者の場合には、投影倍率の変更、及びこれに伴う重ね合わせ精度の劣化の防止が、露光の際にベースライン計測を行うことなく、可能になる。

本発明に係る第1の露光方法では、前記マスクは反射型マスクであり、前記投影光学系は反射光学系であっても良い。

本発明は、第4の観点からすると、マスク(R)と基板(W)とを同期移動して、前記マスクのパターンを投影光学系(PO)を介して前記基板上に転写する露光方法において、前記転写に先立って前記投影光学系の光学特性を調整し、前記光学特性の調整に起因して生じる、前記投影光学系のイメージフィールド内での、パターン像の投影領域のシフトを補償するように、前記同期移動中における前記投影領域と前記基板との位置関係を調整することを特徴とする第2の露光方法である。

これによれば、マスクと基板とを同期移動して、マスクのパターンを投影光学系を介して基板上に転写するに先立って、投影光学系の光学特性が調整される。そして、マスクパターンの基板への転写時には、前記の光学特性の調整に起因して生じる、投影光学系のイメージフィールド内での、パターン像の投影領域のシフトを補償するように、マスクと基板との同期移動中におけるパターン像の投影領域と基板との位置関係が調整される。従って、光学特性の調整に伴う重ね合わせ精度の劣化を防止あるいは十分に抑制することができる。

この場合において、前記基板(W)上のマークをマーク検出系(ALG)で検出して得られる位置情報を用いて前記基板(W)の露光位置を決定し、前記投影領域と前記基板との相対位置を調整するために、前記光学特性の調整後における前記マーク検出系(ALG)のベースライン量と前記決定された露光位置情報とに従って、前記マスク(R)に対する前記基板の同期移動を制御しても良い。

本発明に係る第2の露光方法において、前記同期移動では、前記光学特性の

調整後に計測される前記マーク検出系（ALG）のベースライン量及び前記調整された光学特性から計算される前記マーク検出系のベースライン量的一方を利用するようにしても良い。すなわち、光学特性の調整の前後で光学特性が大きく変化した場合には、光学特性の調整によりベースライン量が大きく変化する可能性が高いので実際にマーク検出系のベースライン量を計測すれば良く、この反対に光学特性の調整の前後で光学特性が殆ど変化しない場合には、調整された光学特性から計算されるマーク検出系のベースライン量を利用すれば良い。後者の場合には、光学特性の調整量とベースライン量との相関関係に基づいて算出されるベースライン量の変化分だけ調整前のベースライン量を補正した計算値を用いても重ね合わせ精度は殆ど劣化しないからである。

本発明に係る第2の露光方法では、前記基板（W）上の複数のマークを前記マーク検出系（ALG）で検出して得られる複数の位置情報と、前記投影光学系（PO）を介して前記マスク（R）上の複数のマーク（RM）を検出して得られる複数の位置情報との少なくとも一方に基づいて、前記投影光学系（PO）の光軸に沿った方向に前記マスクを移動し、前記基板の同期移動方向と直交する方向に関する前記パターン像の投影倍率を調整しても良い。かかる場合、基板上の複数のマークをマーク検出系で検出して得られる複数の位置情報に基づき、基板の伸縮量を求めることができ、また、投影光学系を介してマスク上の複数のマークを検出して得られる複数の位置情報に基づき基板上に投影されるマスクパターン像の倍率（または倍率変化）を求めることができる。従って、基板上の複数のマークをマーク検出系で検出して得られる複数の位置情報と、投影光学系を介してマスク上の複数のマークを検出して得られる複数の位置情報とのいずれに基づいて投影光学系の光軸に沿った方向にマスクを移動しても、基板の同期移動方向と直交する方向に関するパターン像の投影倍率を良好に調整できる。

本発明に係る第2の露光方法では、前記マスク（R）は、主光線がそのパタ

ーン面に対して傾いた露光用照明光（EL）で照射される反射型マスクであり、前記露光用照明光（EL）は、波長5～15nmにスペクトルを有する極端紫外光であり、前記投影光学系（PO）は、前記マスク側が非テレセントリックで、かつ複数の反射光学素子のみから構成されていても良い。

本発明は、第5の観点からすると、マスク（R）のパターンを投影光学系（PO）を介して基板（W）上に繰り返し転写する露光方法であって、前記基板上のマークを検出するマーク検出系（ALG）のベースライン量の変動要因となる物理量の変化を監視する第1工程と；前記物理量が所定の許容値を超えたか否かに基づいて前記マーク検出系のベースライン量の更新の必要の有無を判断する第2工程と；前記判断結果が肯定的である場合には新たなベースライン量を求め、その求めたベースライン量を用いて前記基板の位置を制御し、前記判断結果が否定的である場合には、予め求めた前記マーク検出系のベースライン量を用いて前記基板の位置を制御して、露光を行う第3工程とを含む第3の露光方法である。

これによれば、第1工程で基板上のマークを検出するマーク検出系のベースライン量の変動要因となる物理量の変化が監視され、第2工程で前記物理量が所定の許容値を超えたか否かに基づいてマーク検出系のベースライン量の更新の必要の有無が判断される。そして、第3工程では、前記判断結果が肯定的である場合には新たなベースライン量が求められ、その求めたベースライン量を用いて基板の位置を制御し、前記判断結果が否定的である場合には、予め求めたマーク検出系のベースライン量を用いて基板の位置を制御して、露光が行われる。従って、マーク検出系のベースライン量の変動要因となる物理量が所定の許容値を超え、ベースライン量の変動が許容値を超える可能性が高く、マスクパターンの転写像の位置ずれが無視できないときには、ベースライン量を計測（又は計算）により新たに求め、その新たに求めたベースライン量を用いて露光中の基板ステージの位置制御を行い、前記物理量が所定の許容値内となり、

ベースライン量の変動が許容値内となり、マスクパターンの転写像の位置ずれが無視できるときには、露光中の基板ステージの位置制御を予め求めたベースライン量を用いて行うようにすることができる。従って、マスクパターン像の基板への投影位置の位置ずれを防止あるいは十分に抑制することができるとともに、必要な場合にだけベースライン量の再計測（又は再計算）を行うことからスループットの向上が可能である。

本発明に係る第3の露光方法において、前記第1工程において監視される物理量は、種々の物理量が考えられるが、例えばその物理量は、前記マスクの熱膨張変化量であっても良い。この場合、そのマスクの熱膨張変化量は、前記マスクの温度分布の計測結果に基づいて推定されるものであっても良い。

本発明に係る第3の露光方法において、前記第1工程において監視される物理量は、前記投影光学系の結像特性であっても良い。

本発明に係る第3の露光方法において、前記投影光学系はミラーを含む光学系である場合には、前記第1工程において監視される物理量は、前記ミラーの変形量であっても良い。

本発明は、第6の観点からすると、マスクのパターンを基板上に転写する露光装置の製造方法であって、前記マスクに露光用照明光を照射する照明系を提供する工程と；前記マスクから出射された前記露光用照明光を前記基板上に投射する投影光学系を提供する工程と；前記投影光学系の投影倍率を変更する倍率変更装置を提供する工程と；前記基板を保持する基板ステージを提供する工程と；前記基板ステージ上に存在するマークを検出するマーク検出系を提供する工程と；前記マスクパターンの前記基板上への転写に際して、前記倍率変更装置により倍率に変更された時に、その倍率変更後に対応する前記マーク検出系のベースライン量を用いて前記マスクパターンの投影位置ずれを補正する補正装置を提供する工程とを含む露光装置の製造方法である。

これによれば、照明系、投影光学系、倍率変更装置、基板ステージ、補正装

置、並びにその他の様々な部品を機械的、光学的、及び電氣的に組み合わせて調整することにより、本発明の露光装置を製造することができる。この場合、ステップ・アンド・リピート方式等の静止露光型の露光装置を製造することができる。

本発明に係る露光装置の製造方法では、前記マスクを保持するマスクステージを提供する工程と；前記マスクステージと前記基板ステージとを前記投影光学系の光軸方向に直交する第1方向に同期移動する駆動装置を提供する工程とを更に含むことができる。かかる場合には、マスクステージと基板ステージとの相対走査速度及び相対走査方向の角度の変更調整により像歪み特性を補正可能なステップ・アンド・スキャン方式等の走査型の露光装置を製造することができる。

また、リソグラフィ工程において、本発明の露光方法を用いて露光を行うことにより、基板上に複数層のパターンを重ね合せ精度良く形成することができ、これにより、より集積度の高いマイクロデバイスを歩留まり良く製造することができ、その生産性を向上させることができる。同様に、リソグラフィ工程において、本発明の露光装置を用いて露光を行うことにより、基板上に複数層のパターンを重ね合せ精度良く形成することができ、これにより、より高集積度のマイクロデバイスを歩留まり良く製造することができ、その生産性を向上させることができる。従って、本発明は別の観点からすると、本発明の露光方法又は本発明のリソグラフィシステムを用いるデバイス製造方法であり、また、該製造方法によって製造されたデバイスであるとも言える。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施形態の露光装置の構成を概略的に示す図である。

図2は、図1の光源装置の内部構成を示す図である。

図3は、図2の光源装置の左側面図である。

図 4 は、図 1 のレチクルステージ近傍の構成各部を詳細に示す図である。

図 5 は、レチクルの概略平面図である。

図 6 は、レチクルステージとウエハステージの X Y 平面内の位置を計測する干渉計システムの構成を説明するための図である。

図 7 は、図 1 のスリット板及びその駆動機構の一例を示す平面図である。

図 8 は、図 1 の投影光学系の内部構成を概略的に示す図である。

図 9 A は、空間像計測器を示す平面図である。

図 9 B は、図 9 A の空間像計測器を示す側面図である。

図 10 は、ウエハ（ウエハステージ）及びレチクル（レチクルステージ）の位置及び姿勢制御に関連する制御系の構成を概略的に示すブロック図である。

図 11 は、レチクルパターンがウエハ上の複数ショット領域に転写される様子を示す図である。

図 12 は、第 1 の実施形態の露光装置の露光シーケンスを説明するためのフローチャートである。

図 13 は、変形例を説明するための図である。

図 14 は、第 2 の実施形態の露光装置の露光シーケンスを説明するための図である。

図 15 は、本発明に係るデバイス製造方法の実施形態を説明するためのフローチャートである。

図 16 は、図 15 のステップ 204 における処理を示すフローチャートである。

図 17 は、発明が解決しようとする課題を説明するための図である。

発明を実施するための最良の形態

#### 《第 1 の実施形態》

以下、本発明の第 1 の実施形態を図 1 ～図 12 に基づいて説明する。

図1には、第1の実施形態に係る露光装置10の全体構成が概略的に示されている。この露光装置10は、露光用照明光ELとして波長5～15nmの軟X線領域の光(EUV光)を用いて、ステップアンドスキャン方式により露光動作を行う投影露光装置である。本実施形態では、後述するように、マスクとしてのレチクルRからの反射光束をウエハW上に垂直に投射する投影光学系POが使用されているので、以下においては、この投影光学系POからウエハWへの照明光ELの投射方向を投影光学系POの光軸方向と呼ぶとともに、この光軸方向をZ軸方向、これに直交する面内で図1における紙面内の左右方向をY軸方向、紙面に直交する方向をX軸方向として説明するものとする。

この露光装置10は、マスクとしての反射型レチクルRに描画された回路パターンの一部の像を投影光学系POを介して基板としてのウエハW上に投影しつつ、レチクルRとウエハWとを投影光学系POに対して1次元方向(ここではY軸方向)に相対走査することによって、レチクルRの回路パターンの全体をウエハW上の複数のショット領域の各々にステップアンドスキャン方式で転写するものである。

露光装置10は、EUV光ELをY方向に沿って水平に射出する光源装置12、この光源装置12からのEUV光ELを反射して所定の入射角 $\theta$ ( $\theta$ はここでは約50mradとする)でレチクルRのパターン面(図1における下面)に入射するように折り曲げる折り返しミラーM(照明光学系の一部)、レチクルRを保持するマスクステージとしてのレチクルステージRST、レチクルRのパターン面で反射されたEUV光ELをウエハWの被露光面に対して垂直に投射する反射光学系から成る投影光学系PO、ウエハWを保持する基板ステージとしてウエハステージWST、フォーカスセンサ(14a、14b)及びマーク検出系としてのアライメント光学系ALG等を備えている。

前記光源装置12は、図2に示されるように、レーザプラズマ光源16と照明光学系の一部(PRM、IM、30)とから構成される。光源16は、例え



ば半導体レーザ励起によるYAGレーザやエキシマレーザ等の高出力レーザ20と、この高出力レーザ20からのレーザ光Lを所定の集光点に集光する集光レンズ22と、この集光点に配置された銅テープ等のEUV光発生物質24とを備えている。

ここで、EUV光の発生のおくみについて簡単に説明すると、高出力レーザ20からのレーザ光Lが集光レンズ22の集光点に配置されたEUV光発生物質24に照射されると、このEUV光発生物質24がレーザ光のエネルギーで高温になり、プラズマ状態に励起され、低ポテンシャル状態に遷移する際にEUV光ELを放出する。

このようにして発生したEUV光ELは全方位に発散するため、これを集光する目的で、光源装置12内には放物面鏡PRMが設けられており、この放物面鏡PRMによってEUV光ELは集光されて平行光束に変換されるようになっている。この放物面鏡PRMの内表面にはEUV光を反射するためのEUV光反射層が形成されており、その裏面には冷却装置26が取り付けられている。冷却装置26としては冷却液体を用いるものが冷却効率の点からは好ましいが、これに限定されるものではない。放物面鏡PRMの素材は熱伝導の点から金属が適している。放物面鏡PRMの表面に形成されているEUV光反射層として、2種類の物質を交互に積層した多層膜を用いることにより、特定の波長の光のみを反射することが知られている。例えば、モリブデンMoと珪素Siを数十層コーティングすると波長約13.4nmのEUV光を選択的反射し、モリブデンとベリリウムでは波長約11.5nmのEUV光を反射することが知られている。反射されない波長の光は多層膜等により吸収されて熱に変わるため、放物面鏡PRMの温度が上昇する。この放物面鏡PRMを冷却するために、前記冷却装置26が必要となるのである。放物面鏡PRMによって平行光に変換されたEUV光ELは、その光軸に垂直な断面形状が円形で、強度分布が一般的な平行光である。

光源装置 12 内には、更に、上記の平行光に変換された E U V 光 E L を反射して図 1 の折り返しミラー M の方向に向けて偏向する照明ミラー 1 M と、この照明ミラー 1 M の E U V 光 E L の進行方向後方側（図 2 における紙面右側）に配置されたベリリウム等によって形成された波長選択窓 30 とが設けられている。照明ミラー 1 M は、図 2 に示されるように、E U V 光 E L が照射される側の面が曲面とされ、その曲面の表面には、その波長に応じて選択される二種類の物質を交互に積層（例えば、モリブデン M o と珪素 S i を数十層コーティング）した多層膜から成る反射層が形成され、この反射層で反射された E U V 光がレチクル R 上で丁度細長いスリット状になるよう設計されている。

図 2 の紙面内上下方向が後述するレチクル R のパターン面を照明する後述する所定面積を有する円弧状の照明領域（リング状照明領域の一部を取り出したような形状の照明領域）の長手方向に直交する方向に対応し、レチクル R のパターン面が丁度焦点面となっている。この場合、E U V 光 E L の発光源が有限の大きさを持つため、レチクル R のパターン面が焦点面になっているといってもその焦点面上では E U V 光 E L は 1 mm から 10 mm 程度の幅を有する。従って、円弧状の照明領域を照明するのに細すぎるということはない。照明ミラー 1 M の反射面の裏面側には、前述した冷却装置 26 と同様の冷却装置 28 が設けられている。

前記波長選択窓 30 は、ここでは、可視光をカットする目的で設けられている。これは、多層膜から成る E U V 反射膜は、E U V 光近辺の波長に対してはかなり鋭い波長選択性を持ち、露光に用いる特定の波長のみを選択的に反射するが、可視光や紫外光なども同様に反射してしまう。これをレチクル R や投影光学系 P O に導いたりすると、余計なエネルギーのためにレチクル R や投影光学系 P O を構成するミラー（これらについては後述する）が発熱したり、最悪の場合にはウエハ W 上に不要な光が転写されて像の劣化を招くおそれもあるため、かかる事態の発生を防止しようとするものである。

図3には、図2に示される光源装置12をY方向一侧（図2における左側）から見た状態が示されている。この図3においては、紙面の奥側に図1の折り返しミラーMがある。照明ミラーMの反射面は図3には表れていないが、図3の紙面奥側からみた場合に長方形状をしている。すなわち、図2では凹曲面、この左側面図である図3では長方形であるから、照明ミラーMの反射面は、円筒の内周面の一部と同様の形状をしていることになる。この場合、EUV光ELは、図2の紙面内では収束されるが、図3の紙面内では平行光のままであるから、図3中の左右方向の長さが後述する円弧状照明領域の長手方向の長さとなる。なお、平行と言っても前述の通り光源の大きさが有限であるため、空間的コヒーレンシーがゼロと言うわけではない。

前記レチクルステージRSTは、図1では図示が省略されているが、実際には図4に示されるように、XY平面に沿って配置されたレチクルステージベース32上に配置され、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34によって該レチクルステージベース32上に浮上支持されている。このレチクルステージRSTは、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34によってY方向に所定ストロークで駆動されるとともに、X方向及び $\theta$ 方向（Z軸回りの回転方向）にも微小量駆動されるようになっている。また、このレチクルステージRSTは、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34によってZ方向及びXY面に対する傾斜方向にも微小量だけ駆動可能に構成されている。

レチクルステージRSTの周辺部の底部には、永久磁石（図示省略）が設けられており、この永久磁石とレチクルステージベース32上にXY2次元方向に張り巡らされたコイル34aとによって前記磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34が構成されており、後述する主制御装置80によってコイル34aに流す電流を制御することによってレチクルステージRSTの6次元方向の位置及び姿勢制御が行われるようになっている。

レチクルステージRSTは、図4に拡大して示されるように、レチクルRを

レチクルステージベース 32 に対向して保持するレチクルホルダ RH と、レチクルホルダ RH の周辺部を保持するステージ本体 35 と、ステージ本体 35 の内部でレチクルホルダ RH の背面側（上面側）に設けられ該レチクルホルダ RH の温度をコントロールするための温度制御部 36 とを備えている。前記レチクルホルダ RH としては、静電チャック式のレチクルホルダが用いられている。これは、EUV 光 EL を露光用照明光として用いる関係から、本実施形態の露光装置 10 は、実際には、不図示の真空チャンバ内に收容されており、このため真空チャック式のレチクルホルダは使用できないからである。レチクルホルダ RH の素材は低膨張ガラスやセラミックなど従来の DUV 露光装置で使用されている物で差し支えない。

レチクルホルダ RH のレチクル吸着面には、複数の温度センサ 38 が所定間隔で配置されており、これらの温度センサ 38 によってレチクル R の温度が正確に測定され、この測定温度に基づいて温度制御部 36 でレチクル R の温度を所定の目標温度に保つような温度制御を行う。この温度制御部 36 を構成する冷却装置としては、外部からフレキシブルなチューブを介して冷却液体を引き込む形の液冷式や、ペルチェ素子のような電子素子を用いる方式、さらにはヒートパイプ等の熱交換器を用いる方式などが採用できる。

レチクルステージ RST の Y 方向一侧の側面には、鏡面加工が施され、可視領域の光に対する反射面 40a が形成されている。図 4 では図示が省略されているが、図 6 に示されるように、レチクルステージ RST の X 方向一侧の側面にも鏡面加工が施され、可視領域の光に対する反射面 40b が形成されている。そして、この露光装置 10 では、従来の DUV 光源の露光装置と同様に、前記反射面 40a、40b に測定ビームを照射する干渉計システムによってレチクルステージ RST の XY 面内の位置が管理されている。この干渉計システムについては、後に詳述する。

レチクル R の表面（パターン面）には、EUV 光を反射する反射膜が形成さ

れている。この反射膜は、例えば2種類の物質を交互に積層させた多層膜である。ここでは、モリブデンMoと珪素Siの多層膜を用いて波長約13nmのEUV光に対して反射率約70%の反射膜を形成している。かかる反射膜の上にEUV光を吸収する物質を一面に塗布し、パタニングする。多層膜のような反射物体をパタニングすると失敗した時の修復が不可能であるのに対し、吸収層（吸収膜）を設けてパタニングする方法だとやり直しが可能になるのでパターン修復が可能になる。実在する大部分の物質がEUV光を反射しないため、吸収層に用いることができる。本実施形態では、後述するように、レチクルRのZ方向位置を計測するために、レーザ干渉計（RIFZ1～RIFZ3）が用いられるため、これらのレーザ干渉計からの測定ビーム（可視領域の光）に対して前記反射層（反射膜）と同程度の反射率が得られるような物質により吸収層が形成されている。この他、この吸収層形成材料の選択の基準としてパタニングのし易さ、反射層への密着性、酸化などによる経年変化が小さいなどが挙げられる。

図5には、レチクルRの一例が示されている。図中の中央にある長方形の領域がパターン領域PAである。斜線が施された円弧状の領域が露光用照明光であるEUV光ELが照射される円弧状照明領域IAである。ここで、円弧状の照明領域を用いて露光を行うのは、後述する投影光学系POの諸収差が最も小さい領域のみを使用できるようにするためである。また、レチクルRのパターン領域PAのX方向両端部には、Y方向に沿って所定間隔で位置合わせマークとしてのレチクルアライメントマークRM1～RM6が形成されている。レチクルアライメントマークRM1とRM4、RM2とRM5、RM3とRM6は、それぞれほぼX方向に沿って配置されている。

図5から明らかなように円弧状の照明領域IAを用いる場合には、一括露光（静止露光）を行うのは現実的でないため、本実施形態では後述するようにして走査露光が行われる。

レチクルRは、前述したようにその表面に反射層が形成されるため、レチクルRそのものの素材は特に問わない。レチクルRの素材としては、例えば低膨張ガラス、石英ガラス（例えば、ショット社のゼロデュア（商品名）、コーニング社のULE（商品名）なども含む）、セラミックス、シリコンウエハなどが考えられる。この素材の選択の基準として、例えばレチクルホルダRHの素材と同一の素材をレチクルRの素材として用いることが挙げられる。かかる場合には、露光用照明光ELの照射等による温度上昇に起因してレチクルRやレチクルホルダRHに熱膨張が生じるが、両素材が同一であれば同一量だけ膨張するので、両者の間にずれようとする力（熱応力）が働かないというメリットがある。これに限らず、異なる物質であっても同じ線膨張率を持った物質をレチクルRとレチクルホルダRHとの素材として用いれば、同じ効果が得られる。例えば、レチクルRにシリコンウエハ、レチクルホルダRHにSiC（炭化珪素）を用いることが考えられる。レチクルRの素材としてシリコンウエハを用いると、パターン描画装置やレジスト塗布装置、エッチング装置などのプロセス装置などがそのまま使用できるという利点もある。本実施形態では、かかる理由により、レチクルRの素材としてシリコンウエハを用い、レチクルホルダをSiCによって形成している。

図1に戻り、レチクルRの下方（EUV光の入射側）には可動式ブラインド42、視野絞りとしてのスリット板44とがレチクルRに近接して配置されている。より具体的には、これら可動式ブラインド42、スリット板44は、実際には、図4に示されるようにレチクルステージベース32の内部に配置されている。

スリット板44は、円弧状の照明領域IAを規定するもので、投影光学系POに対して固定されていても勿論良いが、本実施形態においては、このスリット板44は、モータ等を含む切替機構としての駆動機構46によって駆動可能に構成されている。図7には、このスリット板44及びその駆動機構46の平

面図が示されている。スリット板 4 4 には、露光用照明光としての E U V 光 E L が照射されるレチクル R 上の円弧状の照明領域（第 1 照明領域） I A を規定する第 1 スリット 4 4 a と、レチクル R のパターン領域 P A の両側に形成されたアライメントマーク R M 1 と R M 4（あるいは、R M 2 と R M 5、R M 3 と R M 6）部分に露光用照明光 E L が照射される第 2 照明領域を規定する第 2 スリット 4 4 b とを有する。駆動機構 4 6 は、モータ 4 6 A とこのモータの出力軸に継ぎ手 4 6 B を介して連結された送りねじ 4 6 C と、前記モータ 4 6 A の制御部 4 6 D とを備えている。スリット板 4 4 の図 7 における紙面裏側に突設されたナット部（図示省略）に送りねじ 4 6 C が螺合している。このため、モータ 4 6 A の回転によって送りねじ 4 6 C が回転駆動され、これによって送りねじ 4 6 C の軸方向（Y 方向）にスリット板 4 4 が駆動されるようになっている。駆動機構 4 6 の制御部 4 6 D は、後述する主制御装置 8 0（図 1 0 参照）からの指示に従って、露光時には、スリット板 4 4 を、露光用照明光 E L が第 1 スリット 4 4 a に照射される第 1 位置に切り替え、レチクル R の位置合わせ（アライメント）時には、スリット板 4 4 を、露光用照明光 E L が第 2 スリット 4 4 b に照射される第 2 位置に切り替えるようになっている。なお、送りねじ機構の代わりに、例えばニアモータを用いてスリット板 4 4 を駆動しても良い。

図 4 に戻り、前記可動式ブラインド 4 2 は、同一レチクル R 内に描かれた冗長回路パターンをウエハ W に転写したくない場合、その冗長回路部分が照明領域 I A 内に含まれるのを防止するためのもので、本実施形態では、後述する主制御装置 8 0（図 1 0 参照）からの指示に応じ、駆動機構 4 6 を構成する前記制御部 4 6 D によってレチクルステージ R S T の Y 方向の移動と同期してその Y 方向の移動が制御されるようになっている。この場合において、可動式ブラインド 4 2 の始動は、レチクル R が走査し始めてからレチクル R と同じように走査し始めても良いし、レチクルの走査開始前から走査を開始しても良い。後

者の場合には、加速度が小さくて済む。あるいは、可動式ブラインド42は、目標の隠すべきパターンが差し掛かるのに合わせて動き始めても良い。

図1に戻り、前記投影光学系POは、前記の如く、反射光学素子（ミラー）のみから成る反射光学系が使用されており、ここでは、投影倍率1/4倍のものが使用されている。従って、レチクルRによって反射され、レチクルRに描かれたパターン情報を含むEUV光ELは、投影光学系POによって4分の1に縮小されてウエハW上に照射される。

ここで、投影光学系POについて図8を用いてより詳細に説明する。この図8に示されるように、投影光学系POは、レチクルRで反射されたEUV光ELを順次反射する第1ミラーM1、第2ミラーM2、第3ミラーM3、第4ミラーM4の合計4枚のミラー（反射光学素子）と、これらのミラーM1～M4を保持する鏡筒PPとから構成されている。前記第1ミラーM1及び第4ミラーM4の反射面は非球面の形状を有し、第2ミラーM2の反射面は平面であり、第3ミラーM3の反射面は球面形状となっている。各反射面は設計値に対して露光波長の約50分の1から60分の1以下の加工精度が実現され、RMS値（標準偏差）で0.2nmから0.3nm以下の誤差しかない。各ミラーの素材は低膨張ガラスあるいは金属であって、表面にはレチクルRと同様の2種類の物質を交互に重ねた多層膜によりEUV光に対する反射層が形成されている。

この場合、図8に示されるように、第1ミラーM1で反射された光が第2ミラーM2に到達できるように、第4ミラーM4には穴が空けられている。同様に第4ミラーM4で反射された光がウエハWに到達できるように第1ミラーM1には穴が設けられている。勿論、穴を空けるのではなく、ミラーの外形を光束が通過可能な切り欠きを有する形状としても良い。

投影光学系POが置かれている環境も真空であるため、露光用照明光の照射による熱の逃げ場がない。そこで、本実施形態では、ミラーM1～M4と当該ミラーM1～M4を保持する鏡筒PPの間をヒートパイプHPで連結すると



もに、鏡筒 P P を冷却する冷却装置を設けている。すなわち、鏡筒 P P を内側のミラー保持部 5 0 と、その外周部に装着された冷却ジャケット 5 2 との 2 重構造とし、冷却ジャケット 5 2 の内部には、冷却液を流入チューブ 5 4 側から流出チューブ 5 6 側に流すための螺旋状のパイプ 5 8 が設けられている。ここでは、冷却液として冷却水が用いられている。冷却ジャケット 5 2 から流出チューブ 5 6 を介して流出した冷却水は、不図示の冷凍装置内で冷媒との間で熱交換を行い、所定温度まで冷却された後、流入チューブ 5 4 を介して冷却ジャケット 5 2 内に流入するようになっており、このようにして冷却水が循環されるようになっている。

このため、本実施形態の投影光学系 P O では、露光用照明光 (E U V 光) E L の照射によりミラー M 1、M 2、M 3、M 4 に熱エネルギーが与えられても、ヒートパイプ H P により一定温度に温度調整された鏡筒 P P との間で熱交換が行われて、ミラー M 1、M 2、M 3、M 4 が前記一定温度に冷却されるようになっている。この場合において、本実施形態では、図 8 に示されるように、ミラー M 1、M 2、M 4 等については、その裏面側のみでなく表面側 (反射面側) の露光用照明光が照射されない部分にもヒートパイプ H P が貼り付けられているので、裏面側のみを冷却する場合に比べてより効果的に前記各ミラーの冷却が行われる。なお、第 3 ミラー M 3 の裏面側や第 1 ミラー M 1 の表面側のヒートパイプ H P は、紙面の奥行き方向において鏡筒 P P の内周面に達していることは言うまでもない。なお、鏡筒 P P の外観は、図 6 に示されるように、四角柱状をしている。

図 1 に戻り、前記ウエハステージ W S T は、X Y 平面に沿って配置されたウエハステージベース 6 0 上に配置され、磁気浮上型 2 次元リニアアクチュエータ 6 2 によって該ウエハステージベース 6 0 上に浮上支持されている。このウエハステージ W S T は、前記磁気浮上型 2 次元リニアアクチュエータ 6 2 によって X 方向及び Y 方向に所定ストロークで駆動されるとともに、 $\theta$  方向 (Z 軸

回りの回転方向)にも微小量駆動されるようになっている。また、このウエハステージWSTは、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62によってZ方向及びXY面に対する傾斜方向にも微小量だけ駆動可能に構成されている。

ウエハステージWSTの底面には、永久磁石(図示省略)が設けられており、この永久磁石とウエハステージベース60上にXY2次元方向に張り巡らされたコイル(図示省略)とによって前記磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62が構成されており、後述する主制御装置80により前記コイルに流す電流を制御することによってウエハステージWSTの6次元方向の位置及び姿勢制御が行われるようになっている。

ウエハステージWSTの上面には、静電チャック方式の不図示のウエハホルダが載置され、該ウエハホルダによってウエハWが吸着保持されている。また、このウエハステージWSTの図1におけるY方向他側の側面には鏡面加工が施され、可視領域の光に対する反射面74aが形成されている。また、図1では図示が省略されているが、図6に示されるように、ウエハステージWSTのX方向一侧の側面にも鏡面加工が施され、可視領域の光に対する反射面74bが形成されている。そして、この露光装置10では、前記反射面74a、74bに測定ビームを照射する干渉計システムによって投影光学系POに対するその位置が正確に測定されるようになっている。この干渉計システムについては後述する。

ウエハステージWST上面の一端部には、レチクルRに描画されたパターンがウエハW面上に投影される位置と、アライメント光学系ALGの相対位置関係の計測(いわゆるベースライン計測)等を行うための位置検出系としての空間像計測器FMが設けられている(図1参照)。この空間像計測器FMは、従来のDUV露光装置の基準マーク板に相当するものである。

図9(A)、(B)には、この空間像計測器FMの平面図、縦断面図がそれぞれ示されている。これらの図に示されるように、空間像計測器FMの上面には、

開口としてのスリットSLT1、SLT2が形成されている。これらのスリットSLT1、SLT2は、ウエハステージWSTの上面に固定された所定厚さの蛍光発生物質63の表面に形成されたEUV光の反射層64にパターンニングされたものである。なお、反射層64に代えてEUV光の吸収層を設け、この吸収層に開口を形成してもよい。

前記スリットSLT1、SLT2の下方のウエハステージWSTの上面板には、開口66a、66bがそれぞれ形成されており、これらの開口66a、66bに対向するウエハステージWSTの内部には、フォトマルチプライヤ等の光電変換素子PMがそれぞれ配置されている。従って、投影光学系POを介して上方から空間像計測器FMにEUV光ELが照射されると、スリットSLT1、SLT2を透過したEUV光が蛍光発生物質63に到達し、該蛍光発生物質63がEUV光に比べて波長の長い光を発する。この光が光電変換素子PMによって受光されその光の強度に応じた電気信号に変換される。この光電変換素子PMの出力信号も主制御装置80に供給されるようになっている。ここで、スリットSLT1、SLT2の位置関係は、レチクルR上にX方向に沿って配置されたレチクルアライメントマークRM1とRM4（RM2とRM5、あるいはRM3とRM6）との位置関係にほぼ対応した関係となっており、後述するレチクルアライメントの際には、スリットSLT1、SLT2を介してレチクルアライメントマークRM1とRM4を同時計測できるようになっている。

次に、図6を用いて、レチクルステージRST及びウエハステージWSTの位置を計測する干渉計システム70（図10参照）の構成等について詳述する。なお、図6においては、各レーザ干渉計の測長軸を用いて該当するレーザ干渉計を代表的に示している。

この干渉計システム70は、レチクルステージRSTのXY面内の位置を計測する4つのレーザ干渉計RIFX1、RIFX2、RIFY1、RIFY2と、ウエハステージWSTのXY面内の位置を計測する4つのレーザ干渉計W

I F X 1、W I F X 2、W I F Y 1、W I F Y 2とを含んで構成されている。

干渉計 R I F Y 1 は、レチクルステージ R S T の反射面 4 0 a に計測ビーム R I F Y 1 M を投射するとともに、投影光学系 P O の鏡筒 P P に取り付けられた固定鏡（参照鏡） 7 2 a（図 1 参照）に参照ビーム R I F Y 1 R を投射し、それぞれの反射光を受光することにより、その計測ビーム R I F Y 1 M の投射位置での固定鏡 7 2 a に対するレチクルステージ R S T の Y 方向の相対位置を計測する。

同様に、干渉計 R I F Y 2 は、レチクルステージ R S T の反射面 4 0 a に計測ビーム R I F Y 2 M を投射するとともに、投影光学系 P O の鏡筒 P P に取り付けられた固定鏡（参照鏡） 7 2 a（図 1 参照）に参照ビーム R I F Y 2 R を投射し、それぞれの反射光を受光することにより、その計測ビーム R I F Y 2 M の投射位置での固定鏡 7 2 a に対するレチクルステージ R S T の Y 方向の相対位置を計測する。

上記 2 つの干渉計 R I F Y 1、R I F Y 2 の計測ビーム R I F Y 1 M、R I F Y 2 M の照射位置の中心が照明領域 I A の中心（レチクル R の X 方向の中心）と一致するようになっている。従って、これら 2 つの干渉計の計測値の平均値がレチクルステージ R S T の Y 方向位置を、両計測値の差を干渉計軸間隔で割ったものがレチクルステージ R S T の回転角（ここでは  $\alpha 1$  とする）を与える。これらの干渉計 R I F Y 1、R I F Y 2 の計測値は、主制御装置 8 0 に供給されており、主制御装置 8 0 では上記平均値、及び回転角  $\alpha 1$  を算出する。

また、干渉計 R I F X 1 は、レチクルステージ R S T の反射面 4 0 b に計測ビーム R I F X 1 M を投射するとともに、投影光学系 P O の鏡筒 P P に取り付けられた固定鏡（参照鏡） 7 2 b に参照ビーム R I F X 1 R を投射し、それぞれの反射光を受光することにより、その計測ビーム R I F X 1 M の投射位置での固定鏡 7 2 b に対するレチクルステージ R S T の X 方向の相対位置を計測する。

同様に、干渉計 R I F X 2 は、レチクルステージ R S T の反射面 4 0 b に計測ビーム R I F X 2 M を投射するとともに、投影光学系 P O の鏡筒 P P に取り付けられた固定鏡（参照鏡） 7 2 b に参照ビーム R I F X 2 R を投射し、それぞれの反射光を受光することにより、その計測ビーム R I F X 2 M の投射位置での固定鏡 7 2 b に対するレチクルステージ R S T の X 方向の相対位置を計測する。

上記 2 つの干渉計 R I F X 1、R I F X 2 の計測ビーム R I F X 1 M、R I F X 2 M の照射位置の中心が照明領域 I A の中心（図 5 中の点 P 2 参照）と一致するようになっている。従って、これら 2 つの干渉計の計測値の平均値がレチクルステージ R S T の X 方向位置を、両計測値の差を干渉計軸間隔で割ったものがレチクルステージ R S T の回転角（ここでは  $\alpha 2$  とする）を与える。これらの干渉計 R I F X 1、R I F X 2 の計測値は、主制御装置 8 0 に供給されており、主制御装置 8 0 では上記平均値、及び回転角  $\alpha 2$  を算出する。この場合、主制御装置 8 0 では上記の回転角  $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$  のいずれか一方、又はその平均値  $(\alpha 1 + \alpha 2) / 2$  をレチクルステージ R S T の  $\theta$  方向の回転角として算出する。

干渉計 W I F Y 1 は、ウエハステージ W S T の反射面 7 4 a に計測ビーム W I F Y 1 M を投射するとともに、投影光学系 P O の鏡筒 P P に取り付けられた固定鏡（参照鏡） 7 6 a に参照ビーム W I F Y 1 R を投射し、それぞれの反射光を受光することにより、その計測ビーム W I F Y 1 M の投射位置での固定鏡 7 6 a に対するウエハステージ W S T の Y 方向の相対位置を計測する。

同様に、干渉計 W I F Y 2 は、ウエハステージ W S T の反射面 7 4 a に計測ビーム W I F Y 2 M を投射するとともに、投影光学系 P O の鏡筒 P P に取り付けられた固定鏡（参照鏡） 7 6 a に参照ビーム W I F Y 2 R を投射し、それぞれの反射光を受光することにより、その計測ビーム W I F Y 2 M の投射位置での固定鏡 7 6 a に対するウエハステージ W S T の Y 方向の相対位置を計測する。

上記2つの干渉計WIFY1、WIFY2の計測ビームWIFY1M、WIFY2Mの照射位置の中心が照明領域IAに対応するウエハ上の円弧状の露光領域SA（図11参照）の中心と一致するようになっている。従って、これら2つの干渉計の計測値の平均値がウエハステージWSTのY方向位置を、両計測値の差を干渉計軸間隔で割ったものがウエハステージWSTの回転角（ここでは $\beta 1$ とする）を与える。これらの干渉計WIFY1、WIFY2の計測値は、主制御装置80に供給されており、主制御装置80では上記平均値、及び回転角 $\beta 1$ を算出する。

また、干渉計WIFX1は、ウエハステージWSTの反射面74bに計測ビームWIFX1Mを投射するとともに、投影光学系POの鏡筒PPに取り付けられた固定鏡（参照鏡）76bに参照ビームWIFX1Rを投射し、それぞれの反射光を受光することにより、その計測ビームWIFX1Mの投射位置での固定鏡76bに対するウエハステージWSTのX方向の相対位置を計測する。

同様に、干渉計WIFX2は、ウエハステージWSTの反射面74bに計測ビームWIFX2Mを投射するとともに、投影光学系POの鏡筒PPに取り付けられた固定鏡（参照鏡）76bに参照ビームWIFX2Rを投射し、それぞれの反射光を受光することにより、その計測ビームWIFX2Mの投射位置での固定鏡76bに対するウエハステージWSTのX方向の相対位置を計測する。

上記2つの干渉計WIFX1、WIFX2の計測ビームWIFX1M、WIFX2Mの照射位置の中心が照明領域IAに対応する露光領域SAの中心と一致するようになっている。従って、これら2つの干渉計の計測値の平均値がウエハステージWSTのX方向位置を、両計測値の差を干渉計軸間隔で割ったものがウエハステージWSTの回転角（ここでは $\beta 2$ とする）を与える。これらの干渉計WIFX1、WIFX2の計測値は、主制御装置80に供給されており、主制御装置80では上記平均値、及び回転角 $\beta 2$ を算出する。この場合、主制御装置80では上記の回転角 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ のいずれか一方、又はその平均値

$(\beta 1 + \beta 2) / 2$  をウエハステージ W S T の  $\theta$  方向の回転角として算出する。

さらに、本実施形態では、図示は省略されているが、レチクルステージ R S T、ウエハステージ W S T のピッチング、ローリングを計測するピッチング干渉計とローリング干渉計とがそれぞれ設けられており、これらの干渉計の計測値に基づいて主制御装置 80 により、ウエハステージ W S T、レチクルステージ R S T のピッチング及びローリングが算出されるようになっている。

図 1 に戻り、上記 8 つの干渉計の全ての計測の基準となる投影光学系 P O の鏡筒 P P には、レチクル R の Z 方向の位置を計測するレチクル面測定用レーザ干渉計 R I F Z が設けられている。このレーザ干渉計 R I F Z は、実際には、図 6 に示されるように、レーザ干渉計 R I F Z 1、R I F Z 2、R I F Z 3 の 3 つが所定間隔で配置され、鏡筒 P P に固定されているが、図 1（及び図 4）では、これらが代表的にレーザ干渉計 R I F Z として示されている。

これらのレーザ干渉計 R I F Z 1 ~ R I F Z 3 からの測定ビームは、折り返しミラー M を介して所定の入射角  $\theta$  でレチクル R のパターン面に投射される露光用照明光 E L の照射領域、すなわち円弧状の照明領域 I A 内の異なる 3 点に露光用照明光 E L の入射光路と出射光路（反射光路）の中心の Z 方向の光路を通過してレチクル R のパターン面に投射されるようになっている（図 1 及び図 4 参照）。このため、レーザ干渉計 R I F Z 1、R I F Z 2、R I F Z 3 は、レチクル R のパターン面に所定の入射角  $\theta$  で斜めから入射し、入射角と同一の出射角で反射される露光用照明光 E L に影響を及ぼすことなく、かつ露光用照明光 E L によって干渉計測定ビームが影響を及ぼされることなく、高精度（例えば、数 nm ~ 1 nm 以下の精度）でレチクル R の Z 方向位置を計測することが可能になっている。

レーザ干渉計 R I F Z 1 ~ R I F Z 3 としては、ここでは、本体内に不図示の参照鏡が内蔵された参照鏡内蔵タイプのものが用いられ、その参照鏡の位置を基準としてレチクル R 上の測定ビームの照射位置の Z 方向位置を、それぞれ

計測する。この場合、図5に示される照明領域I A内の点P 1の位置にレーザ干渉計R I F Z 1からの測定ビームが投射され、点P 2の位置にレーザ干渉計R I F Z 2からの測定ビームが投射され、点P 3の位置にレーザ干渉計R I F Z 3からの測定ビームが投射されるようになっている。点P 2は、照明領域I Aの中心、即ちパターン領域P AのX方向の中心軸上の点でかつ照明領域I AのY方向の中心点であり、点P 1、P 3は前記中心軸に関して対称の位置にある。

これら3つのレーザ干渉計R I F Z 1～R I F Z 3の計測値は、主制御装置80に入力されるようになっており（図10参照）、主制御装置80ではこれら3つの計測値に基づいて後述するようにして磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34を介してレチクルステージR S T、すなわちレチクルRのZ位置及び傾斜（ピッチング、ローリング）を補正するようになっている。

なお、本実施形態では、前述の如く、レチクル面測定用レーザ干渉計R I F Zの他にレチクルステージR S Tのピッチング及びローリングを計測するピッチング干渉計とローリング干渉計とが設けられているので、レチクルR（レチクルステージR S T）のピッチング、ローリングをより高精度に制御するためには、主制御装置80ではレーザ干渉計R I F Z 1～R I F Z 3の計測値と上記ピッチング干渉計及びローリング干渉計の計測値とに基づいて、レチクルパターン面の凹凸に起因する誤差（これは無視できる程度に小さい）分を補正するようにしても良い。

この一方、鏡筒P Pを基準とするウエハWのZ方向位置は、投影光学系P Oに固定された斜入射光式のフォーカスセンサ14によって計測されるようになっている。このフォーカスセンサ14は、図1に示されるように、鏡筒P Pを保持する不図示のコラムに固定され、ウエハW面に対し斜め方向から検出ビームF Bを照射する送光系14aと、同じく不図示のコラムに固定され、ウエハW面で反射された検出ビームF Bを受光する受光系14bとから構成される。



このフォーカスセンサとしては、例えば特開平 6-283403 号公報及びこれに対応する米国特許第 5,448,332 号等の開示される多点焦点位置検出系が用いられている。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。このフォーカスセンサ 14 (14a、14b) は鏡筒 P P と一体的に固定されることが重要である。

これまでの説明から明らかなように、本実施形態では、レチクル R の X Y Z 3 次元方向の位置が投影光学系 P O の鏡筒 P P を基準として計測され、また、ウエハ W の X Y Z 3 次元方向の位置が投影光学系 P O の鏡筒 P P を基準として計測されるので、投影光学系 P O とレチクルステージ R S T とウエハステージ W S T の 3 者は同一の支持部材で支えられる必要は無く、それぞれが別々の支持部材によって支えられても差し支えない。すなわち、投影光学系 P O、レチクルステージ R S T 及びウエハステージ W S T の 3 者間に機械的接触は全くなくても差し支えない。また、前述した干渉計システム 70 を構成する各干渉計の本体も、鏡筒 P P に取り付けられたそれぞれの固定鏡を参照して計測を行っているので、投影光学系 P O、レチクルステージ R S T、ウエハステージ W S T と機械的接触は必要無い。

さらに、本実施形態では、投影光学系 P O の側面に、図 1 に示されるように、前記アライメント光学系 A L G が固定されている。このアライメント光学系 A L G としては、ブロードバンド光をウエハ W 上のアライメントマーク（または空間像計測器 F M）に照射し、その反射光を受光して画像処理方式によりマーク検出を行う結像式アライメントセンサ、レーザ光を格子マークに照射して回折光を検出する L I A (Laser Interferometric Alignment) 方式のアライメントセンサや A F M (原子間力顕微鏡) のような走査型プローブ顕微鏡等種々のものを用いることができる。ここでは、アライメント光学系 A L G として、焦点検出系が組み込まれた画像処理方式の結像式アライメントセンサを使用す

るものとする。かかる焦点検出系が組み込まれた結像式アライメントセンサは、例えば特開平 7-321030 号公報及びこれに対応する米国特許第 5,721,605 号等の開示されている。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

図 10 には、これまでに各所で説明した、ウエハ W (ウエハステージ W S T) 及びレチクル R (レチクルステージ W S T) の位置及び姿勢制御に関連する制御系の構成が概略的にブロック図にて示されている。この図 10 に示される制御系の内、主制御装置 80 はマイクロコンピュータ (又はワークステーション) によって構成され、記憶装置としてのメモリ (R A M) 81 が内蔵されている。本実施形態では、主制御装置 80 及び磁気浮上型 2 次元リニアアクチュエータ 34、62 によって駆動装置が構成されている。

次に、上述のようにして構成された本第 1 の実施形態に係る露光装置 10 による第 2 層目 (セカンドレイヤ) 以降の露光工程の動作について説明する。

まず、不図示のレチクル搬送系によりレチクル R が搬送され、ローディングポジションにあるレチクルステージ R S T のレチクルホルダ R H に吸着保持される。また、不図示のウエハ搬送系及びウエハステージ W S T 上の不図示のウエハ受け渡し機構によってウエハ W がウエハステージ W S T 上に載置される。このような準備作業の完了により、図 12 のフローチャートで示されるシーケンスがスタートする。

#### 〈ステップ 100〉

まず、主制御装置 80 ではウエハステージ W S T 上のウエハ W の各ショット領域に付設されたウエハアライメントマークの内の予め定めたサンプル対象となっているウエハアライメントマーク (1 つのショットについて 1 個又は複数) の位置検出を、ウエハステージ W S T を順次移動させつつ、アライメント光学系 A L G を用いて行う。このマーク位置の検出の際、主制御装置 80 では

ウエハW表面のZ位置をアライメント光学系ALGの焦点位置に制御する。そして、サンプルショットのウエハアライメントマークの位置検出が終了すると、主制御装置80では、それらのデータを用いて、例えば特開昭61-44429号公報及びこれに対応する米国特許第4,780,617号等の開示される最小2乗法を利用した統計学的手法を用いてウエハW上の全てのショット領域の配列座標を求める(以下、このアライメント手法を「EGA(エンハンスト・グローバル・アライメント)」と呼ぶ)。あるいは、主制御装置80では、上記のショット内の複数のウエハアライメントマークの位置検出データを用いて例えば特開平6-275496号公報及びこれに対応する米国特許出願第569,400号(出願日:1995年12月8日)等の開示される最小2乗法を利用した統計学的手法を用いてウエハW上の全てのショット領域の配列座標及び各ショットの倍率を含む変形量を求める(以下、このアライメント手法を「ショット内多点EGA」と呼ぶ)。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記各公報並びにこれらに対応する上記米国特許及び上記米国特許出願における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

#### 〈ステップ102〉

このようにして、アライメント計測が終了すると、上記のEGAの結果よりわかるショット間隔、あるいは上記のショット内多点EGAの結果よりわかるショットサイズに基づいて、ショットの倍率変化(X、Yスケーリング)を計算し、その倍率変化量に応じてレチクルパターンの像のX方向(第2方向)の大きさを正確にウエハW上のショット領域の大きさに一致させるための投影倍率の制御量、すなわちレチクルRのZ方向駆動量を算出し、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34を介してレチクルRを前記算出した量だけZ方向(上下方向)に駆動する。例えば、所定の倍率より10ppm拡大する場合、レチクルRを40 $\mu$ mだけ投影光学系POから離れる方向に駆動する。

〈ステップ104〉

上記のレチクルRのZ駆動により、投影倍率の変動及びレチクルパターン像の投影領域の位置ずれが生ずるため、このステップ104で、主制御装置80では、次のようにしてベースライン計測、及び投影倍率の計測を行う。

主制御装置80では駆動機構46を介してスリット板44を露光用照明光ELが第2スリット44bを照射可能な位置(第2位置)へ切り替える。次いで、主制御装置80では磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62、34を介してウエハステージWST及びレチクルステージRSTの位置を制御して、レチクルR上に描画されたレチクルアライメントマークRM1、RM4、RM2、RM5、RM3、RM6を順次各2つ露光用照明光ELで照射するとともに、レチクルアライメントマークRM1、RM4、RM2、RM5、RM3、RM6のウエハW面上への投影像を、空間像計測器FMのスリットSLT1、SLT2をそれぞれ介して検出することにより、レチクルパターン像のウエハW面上への投影位置を求める。すなわち、レチクルアライメントを行う。このレチクルアライメントのため、空間像計測器FMを用いて前記投影像を検出する際には、主制御装置80では、レチクルRのZ駆動により空間像計測器FMで得られる像にボケが生じないように、レチクルRのZ駆動量に対応したオフセットをフォーカスセンサ14に与えて空間像計測器FM表面を投影光学系POの焦点位置に制御する。具体的には、主制御装置80では、レチクルRを40 $\mu$ mだけ投影光学系POから離れる方向に駆動した場合には、投影倍率が1/4であるから、 $40 \times 1/16 = 2.5 \mu\text{m}$ のオフセットをフォーカスセンサ14に与え、このフォーカスセンサ14の出力に基づいて磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62を介してウエハステージWSTのZ位置をフィードバック制御し、ウエハWを2.5 $\mu$ mだけ投影光学系POに近づける。

次に、主制御装置80では、空間像計測器FMのスリットSLT1またはSLT2がアライメント光学系ALGの直下へ位置するように、磁気浮上型2次

元リニアアクチュエータ 62 を介してウエハステージ W S T を移動するとともに、アライメント光学系 A L G の焦点位置に空間像計測器 F M 表面の Z 位置を調整する。そして、主制御装置 80 では、アライメント光学系 A L G の検出信号及びそのときの干渉計システム 70 の計測値に基づいて、間接的にレチクル R のパターン像のウエハ W 面上への投影位置とアライメント光学系 A L G の相対位置、すなわちベースライン量を求め、その演算結果をメモリ 81 に記憶する。なお、空間像計測器 F M のスリット S L T 1、S L T 2 の丁度中間の位置に別の基準マークを形成し、この基準マークをアライメント光学系 A L G で検出することにより、ベースライン量を求めても良い。かかる場合には、アライメント光学系 A L G の検出結果と、ベースライン量の設計値とに基づいてベースライン量をほぼ正確に求めることができる。

また、このステップ 104 において、主制御装置 80 では、上記のレチクルアライメントの際に、空間像計測器 F M のスリット S L T 1、S L T 2 をそれぞれ介して検出されたレチクル R 上に非走査方向並んで配置されたレチクルアライメントマーク R M 1 と R M 4 (R M 2 と R M 5、又は R M 3 と R M 6) のウエハ W 面上への投影像の間隔に基づいて投影倍率を求める。

#### 〈ステップ 106〉

このステップ 106 において、主制御装置 80 では上記ステップ 104 の倍率計測の結果に基づいて、目標とする倍率調整量、上の例では 10 ppm、に対し投影倍率の調整残留誤差が許容値 (例えば 0.2 ppm) 以下となっているか否かを判断する。そして、このステップ 106 における判断が否定された場合、すなわち投影倍率の調整残留誤差が許容値を越えていた場合、主制御装置 80 では投影倍率を再設定するため、ステップ 102 に戻り、再びレチクル R を Z 方向に駆動した後、上記処理・判断を繰り返す。一方、ステップ 106 における判断が肯定された場合、すなわち投影倍率の調整残留誤差が許容値以下となっていたら、主制御装置 80 では駆動機構 46 を介してスリット板 44

を第1スリット44aに露光用照明光ELが照射される位置（第1位置）へ切り替えた後、次のステップ108に移行する。

〈ステップ108〉

このステップ108において、主制御装置80では次のようにしてステップアンドスキャン方式の露光をEUV光を露光用照明光ELとして用いて行う。すなわち、主制御装置80では上で求めたウエハW上の各ショット領域の位置情報に従って、干渉計システム70からの位置情報をモニタしつつ、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62を介してウエハステージWSTを第1ショットの走査開始位置に位置決めするとともに、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34を介してレチクルステージRSTを走査開始位置に位置決めして、その第1ショットの走査露光を行う。この走査露光に際し、主制御装置80では磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34、62を介してレチクルステージRSTとウエハステージWSTとの速度比が投影光学系POの投影倍率に正確に一致するように両ステージの速度を制御し、両ステージのかかる速度比の等速同期状態にて露光（レチクルパターンの転写）を行う。走査中にレチクルRが上下動するが、それを干渉計RIFZでモニターしておき、レチクルRのZ位置、傾きが初期位置に維持される、すなわち倍率の残留誤差が許容値以下に維持されるように、レチクルステージRSTの移動を制御する。これにより、この走査露光中の走査方向（第1方向）のレチクルパターン像の投影倍率が制御される。こうして第1ショットの走査露光が終了すると、ウエハステージWSTを第2ショットの走査開始位置へ移動させるショット間のステッピング動作を行う。そして、その第2ショットの走査露光を上述と同様にして行う。この場合、レチクルステージRSTを戻す動作を省略してスループットの向上を図るべく、第1ショットと第2ショットとの走査露光の方向は反対向きで、すなわち第1ショットの露光がY軸上の一侧から他側の向きで行われた場合には第2ショットの露光は他側から一侧の向きで行われる。すなわち交互スキャン

が行われる。このようにして、ショット間のステッピング動作とショットの走査露光動作とが繰り返され、ステップアンドスキャン方式でウエハW上の全てのショット領域にレチクルRのパターンが転写される。図11には、このようにして、レチクルパターンがウエハW上の複数ショット領域Sに転写される様子が示されている。図11の場合は、1枚のウエハから効率良く完全な形のショットが得られるよう、一行内に収めるショット数を適宜偶数、奇数としている。

以上のようにして、露光装置10による、1枚のウエハWに対する一連の処理工程が終了する。

上記の走査露光中やアライメント中には、投影光学系POに一体的に取付けられたフォーカスセンサ(14a、14b)によってウエハW表面と投影光学系POの間隔、XY平面に対する傾斜が計測され、主制御装置80によって磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ62を介してウエハW表面と投影光学系POとの間隔、平行度が常に一定になるようにウエハステージWSTが制御される。但し、走査露光中には投影光学系POの焦点位置に、また、アライメント中にはアライメント光学系ALGの焦点位置にウエハW表面のZ位置目標値が設定される。

また、主制御装置80では、レチクル面測定用レーザ干渉計RIFZ1、RIFZ2、RIFZ3の少なくとも1つにより計測された所定の調整用位置情報に基づいて、露光中(レチクルパターンの転写中)の投影光学系POとレチクルRのパターン面との間隔が常に一定に保たれるように、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34を制御してレチクルRの投影光学系POの光軸方向(Z方向)の位置を調整しつつ、レチクルステージRSTと基板ステージWSTとをY軸方向に沿って同期移動させる。この場合、主制御装置80では、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとの同期移動時に、レチクルステージRSTの移動方向毎、例えば第1ショットと第2ショットとで、レチク

ル面測定用レーザ干渉計 R I F Z 1、R I F Z 2、R I F Z 3 の少なくとも 1 つによって計測された第 1 の調整用位置情報及び第 2 の調整用位置情報の内の移動方向に対応する方の調整用位置情報を用いてレチクルステージ R S T の Z 方向位置を調整するようにしても良い。主制御装置 8 0 では、走査中、レチクル面測定用レーザ干渉計 R I F Z 1、R I F Z 2、R I F Z 3 の少なくとも 2 つを用いてレチクル R の傾きを調整するようにしても良い。また、リアルタイム補正ではなく、予めレチクル R の上下動を計測しておき、その計測値と干渉計とでレチクル R の Z 位置及び傾きを制御しても良い。

従って、本実施形態によると、走査露光によりレチクル R のパターンの全面がウエハ W 上に逐次転写され、この際調整用位置情報に基づいてレチクル R の投影光学系の光軸方向の位置が調整されるので、投影光学系 P O のレチクル側が非テレセントリックであるにもかかわらず、走査露光中のレチクル R の光軸方向変位に起因してウエハ W 上のパターンの転写像に倍率誤差や位置ずれが生ずるのを効果的に抑制することができ、結果的に重ね合わせ精度の向上を図ることが可能となる。また、レチクルステージ R S T が Y 軸に沿って一側から他側に移動するときと、他側から一側に移動するときとで、同期移動中のレチクル R の Z 方向の位置変位がメカ的要因（ステージの移動特性）や制御特性等で異なる場合であっても、その影響を受けることなく、高精度にレチクル R の Z 位置調整を行うことができ、レチクル R の Z 方向変位に起因してウエハ W 上のパターンの転写像に倍率誤差や位置ずれが生ずるのをより効果的に抑制することができる。

以上詳細に説明したように、本第 1 の実施形態によると、光源装置 1 2 及び照明光学系（M、4 4）から成る照明系によりレチクル R に対し露光用照明光 E L が斜めから照射されると、レチクル R から出射された露光用照明光が投影光学系 P O によってウエハ W 上に投射され、露光用照明光 E L で照明されたレチクル R 上の領域のパターンがウエハ W 上に転写される。このレチクルパター



ンの転写時には、駆動装置（８０、３４、６２）が投影光学系ＰＯの投影倍率に応じた速度比でレチクルＲとウエハＷとを同期移動する。これにより、レチクルＲのパターンの全面がウエハＷ上のショット領域に転写される。

このレチクルパターンの転写に先立って、主制御装置８０ではアライメント光学系ＡＬＧを用いてウエハＷ上のアライメントマークを検出し、このマーク検出結果に基づいてウエハの伸縮量を求め、それに応じてレチクルＲをＺ方向に駆動して投影光学系ＰＯの非走査方向の投影倍率を調整（変更）する。なお、走査方向の投影倍率は、走査露光時のレチクルステージとウエハステージの同期速度比を調整することにより、実現される。

上記の投影倍率の変更後、主制御装置８０では、ウエハステージＷＳＴ上の空間像計測器ＦＭを用い、スリットＳＬＴ１、ＳＬＴ２（一種の基準マーク）を介してレチクルアライメントマークＲＭ１～ＲＭ６の空間像を検出することにより、前記スリットＳＬＴ１、ＳＬＴ２とレチクルパターン像のウエハステージＷＳＴ上への投影位置との相対位置関係を検出するとともに、前記スリットスリットＳＬＴ１（又はＳＬＴ２）をアライメント光学系ＡＬＧを用いて検出する。すなわち、投影光学系ＰＯの投影倍率に変更されたときに、主制御装置８０により①ウエハステージ上の基準マークＳＬＴ１、ＳＬＴ２とレチクルＲのパターン像のウエハステージＷＳＴ上への投影位置との相対位置関係、及び②ウエハステージＷＳＴ上の基準マークＳＬＴ１（又はＳＬＴ２）とアライメント光学系ＡＬＧの検出中心との位置関係が検出される。①、②の検出結果より、結果的にレチクルＲのパターン像のウエハステージＷＳＴ上への投影位置とアライメント光学系ＡＬＧの検出中心との位置関係、すなわちいわゆるベースライン量が求められる。従って、投影倍率の変更に伴うレチクルパターン像のウエハＷ上への投影位置の位置ずれを補正することができ、投影倍率の変更に伴う重ねあわせ精度の劣化を防止あるいは十分なレベルに抑制することが可能になる。

また、本実施形態によると、照明系（１２、Ｍ、４４）は、照明光ＥＬとして波長５～１５ｎｍの間のＥＵＶ光をレチクルＲに照射し、投影光学系ＰＯとして複数の反射光学素子（Ｍ１～Ｍ４）のみからなる反射光学系が用いられているため、ＥＵＶ光を用いてレチクルパターンが投影光学系ＰＯを介してウエハＷに転写されるので、非常に微細なパターン、例えば１００ｎｍＬ／Ｓパターンの高精度な転写が可能である。

また、本実施形態によると、干渉計システム７０がレチクルステージＲＳＴとウエハステージＷＳＴとの投影光学系ＰＯに対するＸＹ面内の相対位置を計測し、レチクルＲの投影光学系ＰＯに対するＺ方向の相対位置がレーザ干渉計ＲＩＦＺにより計測され、かつウエハＷの投影光学系ＰＯに対するＺ方向の相対位置がフォーカスセンサ１４により計測されるようになっているので、レチクルステージＲＳＴとウエハステージＷＳＴと投影光学系ＰＯとが別々の支持部材に支持されていても何らの支障がない。このため、レチクルステージＲＳＴとウエハステージＷＳＴと投影光学系ＰＯとが機械的に連結される必要がないので、レチクルステージＲＳＴ、ウエハステージＷＳＴの移動時の加減速度による反力やそれぞれのステージの支持部材の振動が、投影光学系ＰＯの結像特性に悪影響を及ぼしたり、一方のステージの移動時の加減速度による反力が支持部材を介して他方のステージの挙動に悪影響を与えることもない。

また、本実施形態によると、照明光学系内のスリット板４４は、レチクルパターンの一部に照明光ＥＬを照射する第１スリット４４ａと、レチクルアライメントマークに照明光ＥＬを照射する第２スリット４４ｂとを有し、照明光ＥＬに対し第１スリット４４ａと第２スリット４４ｂとを切り替える駆動機構４６が設けられていることから、同一のスリット板４４により露光時及びアライメント時のそれぞれに適切な照明領域の設定が可能になる。また、この場合、スリット板４４のない場合に比べて照明光学系からレチクルＲに向かって照射される照明光の断面形状の自由度が増大し、これに応じて照明光学系を構成す

る光学素子の設計の自由度が向上する。

また、本実施形態では、露光用照明光E Lが軟X線領域の光であり、ウエハステージW S T上に、蛍光発生物質6 3と、この表面に露光用照明光E Lの反射層6 4の薄膜により形成されたスリットS L T 1、S L T 2と、該スリットS L T 1、S L T 2を介して露光用照明光E Lが蛍光発生物質6 3に到達した際に蛍光発生物質6 3が発する光を光電変換する光電変換素子P Mとを有する位置検出系としての空間像計測器F Mを備えることから、通常軟X線領域の光を透過する物質は存在しないにもかかわらず、かかる光を露光用照明光として用いる場合にもその露光用照明光を用いて空間像の計測が可能となり、この空間像計測器F Mを用いてレチクルパターンのウエハステージW S T上での投影位置を容易に求めること等が可能になる。

また、本実施形態では、レチクルRのパターンが、E U V光E Lの反射層上に成膜されたE U V光（露光用照明光）E Lの吸収物質によって形成されていることから、露光用照明光である軟X線領域の光の反射物質から成る多層膜をパタニングする場合と異なり、失敗した場合のパターン修復が可能となる。また、上記吸収物質の材料を適当に選択することにより、上記の露光用照明光の反射層と吸収物質とを干渉計R I F Zの測長ビーム（例えば可視領域の光）に対してほぼ同一反射率に設定することができ、レチクルR上の全面でほぼ同一精度でレチクルRのZ軸方向位置を計測することが可能となる。

また、上記実施形態では、スリット板4 4を用いて円弧状の照明領域I Aを規定する場合について説明したが、これに限らず、照明光学系を構成する各光学部材が照明光E Lが円弧状の形になるように設計されていればレチクルR直下のスリット板4 4は必ずしも設ける必要はない。

また、レチクルアライメントマークはR M 1～R M 6の位置ではなく、図5中のR M 7～R M 12の位置にしても良い。かかる場合には、スリット板4 4として、第1スリット4 4 aのみを有するスリット板があれば良く、また、駆

動機構 46 は不要である。あるいは、レチクルアライメントマークを RM1 ~ RM12 の全ての位置に形成し、これら全てを利用しても良い。

これまでの説明から明らかなように、本実施形態では、投影倍率の変更をレチクル R の投影光学系 PO の光軸方向駆動により実現する倍率変更装置が、レチクル面計測用レーザ干渉計 RIFZ、磁気浮上型 2 次元リニアアクチュエータ 36、及び主制御装置 80 によって構成されている。しかし、本発明がこれに限定されることはない。すなわち、本発明に係る倍率変更装置を、例えば、投影光学系 PO を構成する一部のミラーの曲率を部分的に調整したり、あるいはミラー間隔を調整することにより、投影光学系 PL の光学特性を変更する装置によって構成しても良い。

図 13 には、この種の光学特性変更装置 59 が設けられた投影光学系 PO の一例がレチクルステージ RST 及びウエハステージ WST とともに示されている。この図 13 において、第 1 ミラー M1 は金属製でその表面には 2 種類の物質を交互に重ねた多層膜により EUV 光に対する反射層が形成されている。この第 1 ミラー M1 には、その反射面の曲率を部分的に変更する変更装置 59 が併設されている。この変更装置 59 は、例えば、第 1 ミラー M1 の反射面の裏面側の一部を押したり、引いたりする駆動軸を備えた機構によって構成することができる。かかる変更装置 59 を備えた露光装置に本発明を適用する場合には、レチクル R とウエハ W とを同期移動して、レチクル R のパターンを投影光学系 PO を介してウエハ W 上に転写するに先立って、変更装置 59 により、投影光学系 PO の光学特性を調整する。そして、レチクルパターンのウエハ W への転写時には、前記の光学特性の調整に起因して生じる、投影光学系 PO のイメージフィールド内での、パターン像の投影領域のシフトを補償するように、レチクル R とウエハ W との同期移動中におけるパターン像の投影領域とウエハ W との位置関係を調整すれば良い。この位置関係の調整は、上記実施形態と同様に、光学特性の調整後に、ベースライン計測を行って投影光学系 PO のイメー

ジフィールド内での、パターン像の投影領域のシフト量を求めた結果に基づいて行っても良く、あるいは、予め求めた光学特性の調整量と前記パターン像の投影領域のシフト量との関係に基づいて計算により、前記シフト量又はベースライン量の変動量を求め、この結果に基づいて、ウエハWの各ショット領域の露光のための走査開始位置を調整するようにしても良い。これにより、光学特性の調整に伴う重ね合わせ精度の劣化を防止あるいは十分に抑制することができる。

また、レチクルパターンのウエハ上への投影倍率等の結像特性を含む投影光学系の光学特性を変化させる方法として、例えばレチクルの温度を変化させて倍率を制御することも可能であるが、かかる手法により投影倍率等を変化させた場合にも、本発明を適用してベースライン計測を行なっても良く、かかる場合であっても投影倍率等の変化に起因するパターン像の位置ずれを補正することができる。

また、上記実施形態では、ウエハアライメントの結果に基づいて、投影倍率の制御を行なう場合について説明したが、これに限らず、事前に露光条件設定ファイルに入れている投影倍率に基づいて投影倍率を制御する場合や、露光中にレチクルの温度が露光光などにより上昇してしまった時、そのレチクルの熱膨張量に応じて倍率を制御する場合等であっても、その倍率制御のためにレチクルを上下させた場合には、それに応じて上記と同様にベースライン量を補正することにより、倍率の変更に伴うパターン像の位置ずれ補正が可能となる。

なお、上記実施形態では、マーク検出系としてオフアキシスのアライメント光学系を用いる場合を例示したが、本発明がこれに限定されることはなく、露光位置とアライメントビームの照射位置とが異なるのであれば、TTL (Through The Lens) 方式、TTR (Through The Reticle) 方式等のオンアキシスのアライメント光学系をマーク検出系として用いる場合であっても、倍

率変更後にベースライン計測を行うことは有効である。

また、上記実施形態では、空間像計測器FMによるレチクルアライメントマークの計測と、アライメント光学系ALGによる基準マークの計測とを非同時に行う場合について説明したが、これに限らず、大きな空間像計測器を用い、上記スリットSLT1、SLT2を介してのレチクルアライメントマークの検出（空間像計測）と、アライメント光学系ALGによる基準マークの計測とを同時に行うようにしても良い。この場合、空間像計測器FMと基準マークのそれぞれの位置で投影光学系PO、アライメント光学系ALGの各焦点位置に空間像計測器FM表面のZ位置が制御されるように、空間像計測器FMの表面を傾けることが望ましい。

ところで、同一ロットのウエハは同一の過程で処理されるので、ウエハの伸縮量もほぼ同じであると推測される。従って、例えば、1ロットがウエハ20枚であるとすれば最初の1枚目で求めたウエハの伸縮量と、2～20枚目のウエハの伸縮量とは大きく違わないと予想される。具体的に数値を挙げると、1枚目のウエハが基準値（例えば設計値）に対して10ppm伸びていた場合、2枚目以降は基準値に対して約 $(10 \pm 0.5)$  ppmの伸びであることが経験上からわかっている。そうだとすると、1枚目のウエハの露光時にレチクルRを40 $\mu$ m投影光学系POから遠ざけた後は、2枚目以降のウエハの露光の際には、その位置を基準として $\pm 2 \mu$ mの範囲内でレチクルRをZ方向に駆動（上下動）すれば足りることになる。このレチクルRのZ駆動に対応するレチクル像のウエハ上でのシフト量は、 $\pm 25$  nmである。従って、何らかの理由により10%もの誤差が生じたとしてもその誤差は $\pm 2.5$  nm程度の値である。この値は、ベースラインの計測再現精度と同等であり、わざわざ再計測をする必要は無いことになる。かかる事情に鑑みてなされたものが、次の第2の実施形態である。

## 《第2の実施形態》

次に、本発明の第2の実施形態について、図14に基づいて説明する。この第2の実施形態は、装置構成等は第1の実施形態と同一であり、主制御装置80による第2層目（セカンドレイヤ）以降の露光工程の制御動作が一部異なるのみであるから、以下においてはこの点を中心に説明する。なお、ここでは、各構成部分について、第1の実施形態と同一の符号を用いるものとする。

図13のフローチャートで示すシーケンスがスタートするのは、ウエハローディング（及び場合によってはレチクルローディング）等の準備作業が終了した時点である。

ステップ200において、主制御装置80では前述したステップ100と同様に、EGA等によりウエハアライメントを行い、次のステップ202において、上記のEGA等のアライメント計測結果に基づいてレチクルパターン像の大きさを正確にウエハW上のショット領域の大きさに一致させるための投影倍率の制御量、すなわちレチクルRのZ方向駆動量を算出し、磁気浮上型2次元リニアアクチュエータ34を介して、レチクルRを前記算出した量だけZ方向（上下方向）に駆動する。

次のステップ204では、主制御装置80では露光対象のウエハWがロットの先頭であるか否かを判断する。そして、この判断が肯定された場合には、ステップ208に進み、以後前述した第1の実施形態のステップ106→102→104と同様にして、投影倍率の調整残留誤差が許容値（例えば0.2ppm）以下となるまで、主制御装置80ではステップ210→202→204→208→210のループにて、レチクルRのZ駆動、ベースライン計測及び投影倍率計測、投影倍率の調整残留誤差の許容値との比較を繰り返す。そして、投影倍率の調整残留誤差の許容値以下になると、ステップ212に進んで、前述したステップ108と同様に、主制御装置80ではステップアンドスキャン方式の露光をEUV光を露光用照明光ELとして用いて行い、1枚のウエハWに対する一連の処理工程を終了する。このように、ロット先頭のウエハに対し

ては、前述した第1の実施形態と同様の動作が行われる。従って、このロット先頭のウエハの露光に先立って、ステップ208において実際に計測されたベースライン量が記憶装置としてのメモリ81に記憶されている。

この一方、ロットの2枚目以降のウエハWの露光の際には、上記ステップ204における判断が否定されるので、ステップ206に進み、ベースライン計測を行わず、主制御装置80では既知のレチクルRのZ駆動量とウエハW上でのレチクルパターン像のシフト量との関係を示す比例定数F、例えば、 $F = 12.5 \text{ nm} \div 1 \mu\text{m} = 12.5 \times 10^{-3}$  を用いてベースライン量の変動を計算にて求め、この計算結果に基づいてメモリ81に記憶されているベースライン量を補正する、すなわちベースライン量を更新する。

そして、このベースライン量の更新後に、ステップ212に進んで、前述したステップ108と同様に、主制御装置80ではステップアンドスキャン方式の露光をEUV光を露光用照明光ELとして用いて行い、1枚のウエハWに対する一連の処理工程を終了する。

これまでの説明から明らかなように、本第2の実施形態では、主制御装置80の機能によって制御装置のみでなく、計算装置、及び第2制御装置が実現されている。

以上説明した本第2の実施形態によると、ロット先頭以外のウエハに対してレチクルパターンを転写するに際して、投影光学系POの投影倍率を変更するためにレチクルRをZ駆動したときに、主制御装置80では、既知のレチクルRのZ駆動量とウエハW上でのレチクルパターン像のシフト量との関係に基づいてメモリ81内に記憶されているベースライン量を計算によって補正する。従って、計算のみにて投影倍率の変更に伴うレチクルパターン像のウエハ上への投影位置の位置ずれを補正することができ、投影倍率の変更に伴う重ね合わせ精度の劣化を防止あるいは十分に抑制することができ、しかもベースラインの再計測をしない分、スループット向上が可能になる。



なお、上記実施形態のステップ204における判断に代えて、ステップ202における倍率の変更量が、所定のしきい値より大きいかなんかを判断するようにしても良い。かかる場合であっても、上記と同等の効果を得ることができる。すなわち、本第2の実施形態で採用する計算によるベースライン量の補正という概念は、レチクルRのZ駆動量、すなわち投影倍率の制御量が小さい範囲で特に効果を発揮する。

また、上記のレチクルRのZ駆動量に対するウエハW上でのレチクル像のシフト量は、勿論投影光学系POの設計情報から既知であるが、露光装置を組み立て調整する工程において、予め実際に測定しておいても良い。

なお、光源及び複数のレンズ等から構成される照明系、投影光学系を露光装置本体に組み込み、光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージ、ウエハステージ、2次元リニアアクチュエータ34、62、及び干渉計RIFZ、70等を露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、倍率変更装置、補正装置等を構成する主制御装置等の制御系に対する各部の接続を行い、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより本実施形態の露光装置10を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

なお、上記第1、第2の実施形態で示した投影光学系や、照明光学系はほんの一例であって、本発明がこれに限定されないことは勿論である。また、上記実施形態では、本発明が反射型レチクル、オール反射光学系を備えたEUV露光装置に適用された場合について説明したが、本発明は、マスク側が非テレセントリックな投影光学系を備え、投影光学系の投影倍率の変更によりマスクパターン像の基板上での投影位置がずれる露光装置であれば、走査型、静止露光型の区別なく好適に適用できる。

また、マスクの投影光学系光軸方向の移動により、投影倍率を変更し、その変更に起因するパターン像の位置ずれを補正するという本発明の技術思想は、

EUV露光装置に限らず、反射型マスク、反射光学系の組み合わせを用いる露光装置であれば、同様に好適に適用できるものである。

なお、これまでの説明では、レチクルの上下あるいは光学特性の変更装置等を用いてレチクルパターンの投影像の結像特性や投影光学系の光学特性を能動的に変更することに伴う投影像のシフト量やベースラインの変動量を求めるため、ベースライン計測をやり直すことについて説明したが、レチクル自体が露光用照明光を吸収することに起因するレチクルの熱膨張によってもベースライン量は変動するため、かかるレチクル自体の熱膨張変化量の許容値を予め設定し、露光中のレチクルの熱膨張を監視し、それが許容値に達したときに、ベースライン計測をやり直すようにしても良い。例えば、レチクルの照明光吸収と熱膨張との相対関係の関数を実験あるいはシミュレーション等によって予め求め、レチクルステージに光量モニタを設置しておいて、例えばウエハ交換中に光量を計測するとともに、そのウエハの露光中はその光量モニタの計測値を用いて照射光量を演算にて求め、その照射光量と前記の関数とを用いてレチクルの熱膨張変化量を適当な間隔で算出しながら順次更新し、ウエハの露光が終了すると、そのときの熱膨張変化量が上記許容値に達しているか否かの判断を行い、許容値に達している場合にベースライン計測をやり直すようにすれば良い。なお、この場合、レチクルマークの投影像を前述した空間像計測器FMで計測するだけでも良い。また、上記の許容値に達しているか否かの判断は、ウエハ1枚の露光終了毎でなくても所定枚数のウエハの露光終了毎に行っても良い。

この他、レチクルステージに設けられた温度センサの計測値に基づいてレチクルの温度分布を測定し、この温度分布に基づいてレチクルの熱膨張変化量を推定するようなことも可能である。この場合には、露光用照明光の照射中、照射停止中にかかわらず実測に基づいてレチクルの熱膨張変化量をある程度正確に推定することができる。

同様に、投影光学系を構成する各ミラーも照明光の吸収によって変形し、こ

れによって投影光学系のディストーション等の結像特性も変動するので、上記レチクル熱膨張と同様に、この結像特性の変化量又はミラーの変形量の許容値を予め設定し、同様にして結像特性の変化量又はミラーの変形量を監視し、この変化量が許容値に達した時点でベースライン計測及び結像特性計測を前述した空間像計測器FMを用いてやり直すようにしても良い。なお、上記レチクル熱膨張変化量、結像特性変化量は演算にて求めるが、この際、露光光照射中の変化（温度が上昇する方向）と露光光照射停止中の変化（温度が低下する方向）とを総合した変化量を求める必要があることは言うまでもなく、上記の相対関係の関数とは、このような関数を意味することは勿論である。

また、上記各実施形態において、照明光ELとして、波長13.4nmのEUV光に限らず、波長11.5nmのEUV光を用いても良い。この波長域ではモリブデンとベリリウムとを交互に積層させた多層膜が光学素子の表面に形成されることになる。なお、70nmL/Sパターン、又は50nm孤立パターンを転写するためには、波長13.4nmのEUV光では開口数が0.1～0.12程度の投影光学系が用いられ、波長11.5nmのEUV光では開口数が0.08～0.1程度の投影光学系が用いられる。

さらに、上記実施形態の光源装置12では、銅テープなどのテープターゲットを用いるものとしたが、その代わりにガスジェットターゲット、又はクライオターゲットなどを用いても良い。また、レーザプラズマ光源の代わりに、SORを用いても良い。

また、上記実施形態では、照明領域が円弧状である場合について説明したが、これに限らずEUV露光装置であっても、照明領域を矩形スリット状に規定することは可能である。但し、この場合には、投影光学系を構成するミラーの枚数を幾分増やす必要がある。

なお、上記第1及び第2実施形態において、レチクルRのパターン面に近接して可動式ブラインド42及び視野絞り（スリット板）44を配置したが、ブ

ラインド４２と視野絞り４４との少なくとも一方を照明光学系内でレチクルＲのパターン面とほぼ共役な面に配置してもよい。

また、前述の上記各実施形態では本発明が露光用照明光としてＥＵＶ光を用いる露光装置に適用された場合について説明したが、これに限らず、例えば紫外光を用いる露光装置であっても、投影光学系として反射光学素子のみからなる反射系、又は反射光学素子と屈折光学素子とを有する反射屈折系（カタディオプトリック系）を採用した装置であれば、本発明を適用して同様の効果を得ることができる。例えば、波長２００ｎｍ程度以下の真空紫外光（ＶＵＶ光）を用いる露光装置では、投影光学系として反射屈折系を用いることが考えられる。この場合、反射光学素子（凹面鏡、ミラーなど）の一部の曲率を変更する前述した図１３と同様の光学特性変更装置を倍率変更装置として用いるようにしても良い。

ここで、反射屈折型の投影光学系としては、例えば特開平８－１７１０５４号公報及びこれに対応する米国特許第５，６６８，６７２号、並びに特開平１０－２０１９５号公報及びこれに対応する米国特許第５，８３５，２７５号などに開示される、反射光学素子としてビームスプリッタと凹面鏡とを有する反射屈折系、又は特開平８－３３４６９５号公報及びこれに対応する米国特許第５，６８９，３７７号、並びに特開平１０－３０３９号公報及びこれに対応する米国特許出願第８７３，６０５号（出願日：１９９７年６月１２日）などに開示される、反射光学素子としてビームスプリッタを用いずに凹面鏡などを有する反射屈折系を用いることができる。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記各公報及びこれらに対応する米国特許、及び米国特許出願における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

この他、米国特許第５，０３１，９７６号、第５，４８８，２２９号、及び第５，７１７，５１８号に開示される、複数の屈折光学素子と２枚のミラー（凹

面鏡である主鏡と、屈折素子又は平行平板の入射面と反対側に反射面が形成される裏面鏡である副鏡)とを同一軸上に配置し、その複数の屈折光学素子によって形成されるレチクルパターンの中間像を、主鏡と副鏡とによってウエハ上に再結像させる反射屈折系を用いても良い。この反射屈折系では、複数の屈折光学素子に続けて主鏡と副鏡とが配置され、照明光が主鏡の一部を通して副鏡、主鏡の順に反射され、さらに副鏡の一部を通してウエハ上に達することになる。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

さらに、反射屈折型の投影光学系としては、例えば円形イメージフィールドを有し、かつ物体面側、及び像面側が共にテレセントリックであるとともに、その投影倍率が $1/4$ 倍又は $1/5$ 倍となる縮小系を用いても良い。また、この反射屈折型の投影光学系を備えた走査型露光装置の場合、照明光の照射領域が投影光学系の視野内でその光軸をほぼ中心とし、かつレチクル又はウエハの走査方向とほぼ直交する方向に沿って延びる矩形スリット状に規定されるタイプであっても良い。かかる反射屈折型の投影光学系を備えた走査型露光装置によれば、例えば波長 $157\text{ nm}$ の $F_2$ レーザ光を露光用照明光として用いても $100\text{ nm L/S}$ パターン程度の微細パターンをウエハ上に高精度に転写することが可能である。

なお、上記実施形態では、主として光学特性変更装置を用いて光学特性の一種である倍率を調整する場合について説明したが、これはパターン像の投影領域のシフト(位置ずれ)を調整するために投影倍率を調整したものであり、物体面側がテレセントリックなである場合には、例えばレチクルの上下動によりディストーションが調整されるので、倍率はディストーションをも含む広い概念である。

また、真空紫外光として $ArF$ エキシマレーザ光や $F_2$ レーザ光などが用いられるが、 $DFB$ 半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、

又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム（又はエルビウムとイットリビウムの両方）がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。

例えば、単一波長レーザの発振波長を $1.51 \sim 1.59 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $189 \sim 199 \text{ nm}$ の範囲内である8倍高調波、又は発生波長が $151 \sim 159 \text{ nm}$ の範囲内である10倍高調波が出力される。特に発振波長を $1.544 \sim 1.553 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $193 \sim 194 \text{ nm}$ の範囲内の8倍高調波、即ちArFエキシマレーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を $1.57 \sim 1.58 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $157 \sim 158 \text{ nm}$ の範囲内の10倍高調波、即ちF<sub>2</sub>レーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られる。

また、発振波長を $1.03 \sim 1.12 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $147 \sim 160 \text{ nm}$ の範囲内である7倍高調波が出力され、特に発振波長を $1.099 \sim 1.106 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $157 \sim 158 \mu\text{m}$ の範囲内の7倍高調波、即ちF<sub>2</sub>レーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られる。この場合、単一波長発振レーザとしては例えばイットリビウム・ドープ・ファイバーレーザを用いることができる。

また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV（遠紫外）光やVUV（真空紫外）光などを用いる露光装置では一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドープされた石英ガラス、蛍石、フッ化マグネシウム、又は水晶などが用いられる。また、プロキシミティ方式のX線露光装置、又は電子線露光装置などでは透過型マスク（ステンシルマスク、メンブレンマスク）が用いられ、マスク基板としてはシリコンウエ

ハなどが用いられる。

勿論、半導体素子の製造に用いられる露光装置だけでなく、液晶表示素子などを含むディスプレイの製造に用いられる、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する露光装置、薄膜磁気ヘッドの製造に用いられる、デバイスパターンをセラミックウエハ上に転写する露光装置、及び撮像素子（ＣＣＤなど）の製造に用いられる露光装置などにも本発明を適用することができる。

#### 《デバイス製造方法》

次に、上述したリソグラフィシステム（露光装置）及び露光方法をリソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

図１５には、デバイス（ＩＣやＬＳＩ等の半導体チップ、液晶パネル、ＣＣＤ、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示されている。図１５に示されるように、まず、ステップ２０１（設計ステップ）において、デバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ２０２（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ２０３（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

次に、ステップ２０４（ウエハ処理ステップ）において、ステップ２０１～ステップ２０３で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ２０５（デバイス組立ステップ）において、ステップ２０４で処理されたウエハを用いてデバイス組立を行う。このステップ２０５には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。

最後に、ステップ２０６（検査ステップ）において、ステップ２０５で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工

程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

図 1 6 には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ 2 0 4 の詳細なフロー例が示されている。図 1 6 において、ステップ 2 1 1（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ 2 1 2（CVDステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 2 1 3（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 2 1 4（イオン打込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ 2 1 1～ステップ 2 1 4それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ 2 1 5（レジスト形成ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ 2 1 6（露光ステップ）において、上で説明したリソグラフィシステム（露光装置）及び露光方法によってマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ 2 1 7（現像ステップ）においては露光されたウエハを現像し、ステップ 2 1 8（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ 2 1 9（レジスト除去ステップ）において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

以上説明した本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光工程（ステップ 2 1 6）において上記の露光装置 1 0 及び上で説明した露光方法が用いられるので、重ね合せ精度の向上を含む露光精度の向上により、高集積度のデバイスを歩留まり良く生産することができる。



### 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明に係る露光装置及び露光方法は、集積回路等のマイクロデバイスを製造するリソグラフィ工程において、微細パターンをウエハ等の基板上に精度良く複数層重ねて形成するのに適している。また、本発明に係るデバイス製造方法は、微細なパターンを有するデバイスの製造に適している。

## 請 求 の 範 囲

1. マスクのパターンを基板上に転写する露光装置であって、  
前記マスクに露光用照明光を照射する照明系と；  
前記マスクから出射された前記露光用照明光を前記基板上に投射する投影光学系と；  
前記投影光学系の投影倍率を変更する倍率変更装置と；  
前記基板を保持する基板ステージと；  
前記基板ステージ上に存在するマークを検出するマーク検出系と；  
前記マスクパターンの前記基板上への転写に際して、前記倍率変更装置により倍率に変更された時に、その倍率変更後に対応する前記マーク検出系のベースライン量を用いて前記マスクパターンの投影位置ずれを補正する補正装置とを備える露光装置。
2. 請求項 1 に記載の露光装置において、  
前記基板ステージ上には特定の基準マークを含む少なくとも 1 つの基準マークが形成され、  
前記特定の基準マークと前記マスクのパターン像の前記基板ステージ上への投影位置との相対位置関係を検出する位置検出系を更に備え、  
前記補正装置は、前記位置検出系を用いて前記相対位置関係を検出した結果と、前記マーク検出系を用いて前記基板ステージ上の前記特定の基準マーク及び該基準マークとの関係が既知の異なる基準マークの一方を検出した結果とに基づいて、前記倍率変更後に対応する前記ベースライン量を求める制御装置を有することを特徴とする露光装置。
3. 請求項 2 に記載の露光装置において、  
前記マーク検出系は、焦点検出系を有し、  
前記マーク検出系による前記基板ステージ上に存在するマークの検出の際に、

前記焦点検出系の検出結果に基づいて前記マーク検出系の焦点位置に前記マークが位置するように前記基板ステージの前記光軸方向の位置を調整する調整装置を更に備えることを特徴とする露光装置。

4. 請求項1に記載の露光装置において、

前記基板ステージ上には特定の基準マークを含む少なくとも1つの基準マークが形成され、

前記特定の基準マークと前記マスクのパターン像の前記基板ステージ上への投影位置との相対位置関係を検出する位置検出系を更に備え、

前記補正装置は、前記位置検出系の検出結果と、前記マーク検出系を用いて前記基板ステージ上の前記特定の基準マーク及び該基準マークとの関係が既知の異なる基準マークの一方を検出した結果とに基づいて算出された前記マーク検出系のベースライン量を予め記憶する記憶装置と、前記変更された倍率に応じて前記記憶装置に記憶された前記ベースライン量を計算によって補正する計算装置とを有することを特徴とする露光装置。

5. 請求項2又は4に記載の露光装置において、

前記露光用照明光が軟X線領域の光であり、

前記位置検出系は、前記基板ステージ上に設けられ、蛍光発生物質と、この表面に前記露光用照明光の反射層及び吸収層の一方から成る薄膜により形成された前記特定の基準マークを兼ねる開口と、前記開口を介して前記露光用照明光が前記蛍光物質に到達した際に前記蛍光発生物質が発する光を光電変換する光電変換素子とを有する空間像計測器であることを特徴とする露光装置。

6. 請求項1に記載の露光装置において、

前記倍率変更装置は、前記マスクを前記投影光学系の光軸方向に駆動する装置であることを特徴とする露光装置。

7. 請求項1に記載の露光装置において、

前記投影光学系は、反射光学素子を含む光学系であり、

前記倍率変更装置は、前記投影光学系の光学特性を変更する光学特性変更装置であることを特徴とする露光装置。

8. 請求項7に記載の露光装置において、

前記光学特性変更装置は、前記反射光学素子の曲率を変更することを特徴とする露光装置。

9. 請求項1に記載の露光装置において、

前記投影光学系は、反射光学素子を含む光学系であり、

前記マスクを保持するマスクステージと、該マスクステージと前記基板ステージとを前記投影光学系の光軸方向に直交する第1方向に同期移動する駆動装置とを更に備え、

前記倍率変更装置は、前記マスクステージを介して前記マスクを前記投影光学系の光軸方向に駆動して前記投影光学系の光軸方向及び前記第1方向に直交する第2方向の倍率を変更する装置であることを特徴とする露光装置。

10. 請求項9に記載の露光装置において、

前記露光用照明光は真空紫外域の光であることを特徴とする露光装置。

11. 請求項9に記載の露光装置において、

前記投影光学系は、反射光学素子のみから成る反射光学系であり、前記マスクは反射型マスクであることを特徴とする露光装置。

12. 請求項11に記載の露光装置において、

前記露光用照明光は軟X線領域の光であることを特徴とする露光装置。

13. 請求項2又は4に記載の露光装置において、

前記基板ステージ上の基板の前記投影光学系の光軸方向の位置を検出する焦点位置検出系と；

前記倍率変更装置による前記マスクの前記光軸方向の駆動量に対応したオフセットを前記焦点検出系に与え、該焦点位置検出系の検出結果に基づいて前記基板ステージの光軸方向の位置をフィードバック制御するステージ制御装置と

を更に備えることを特徴とする露光装置。

14. 請求項1に記載の露光装置において、

前記マスクのパターンの前記基板に対する転写に先立って、前記マーク検出系を用いて前記基板上の複数の位置合わせマークを検出する検出装置を更に備え、

前記倍率変更装置による倍率の変更は、前記検出装置による複数の位置合わせマークの位置検出結果に基づいて行われることを特徴とする露光装置。

15. 請求項1、2、4、6、7、9のいずれか一項に記載の露光装置において、

前記投影光学系は、前記マスク側が非テレセントリックであることを特徴とする露光装置。

16. マスクのパターンを基板上に繰り返し転写する露光装置であって、

前記マスクに露光用照明光を照射する照明系と；

前記マスクから出射された前記露光用照明光を前記基板上に投射する投影光学系と；

前記基板を保持する基板ステージと；

前記基板ステージ上に存在するマークを検出するマーク検出系と；

前記マーク検出系のベースライン量の更新の必要の有無を所定の判定条件に基づいて判断する判断装置と；

前記判断装置の判断の結果が肯定的である場合には新たなベースライン量を求めるベースライン更新装置と；

前記判断装置の判断結果が否定的である場合には、前記マスクパターンの前記基板への転写に際して予め求めた前記マーク検出系のベースライン量を用いて前記基板ステージの位置を制御し、前記判断装置の判断結果が肯定的である場合には、前記マスクパターンの前記基板への転写に際して前記新たなベースライン量を用いて前記基板ステージの位置を制御するステージ制御装置とを備

える露光装置。

17. 請求項16に記載の露光装置において、

前記判断装置は、マスクパターンの転写の対象である前記基板がロットの先頭であるか否かに基づいて前記マーク検出系のベースライン量の更新の必要の有無を判断することを特徴とする露光装置。

18. マスクと基板とを同期移動させつつ前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して前記基板上に転写する露光方法において、

前記マスクのパターン面に対し所定の入射角で露光用照明光を照射して前記露光用照明光により照明されたマスクのパターンを前記投影光学系を介して前記基板上に転写するに際し、前記投影光学系の前記同期移動方向と直交する方向の投影倍率を所望の値に設定するとともに、この設定後に対応する前記基板上の位置合わせマークを検出するマーク検出系のベースライン量を用いて前記基板の位置を制御することを特徴とする露光方法。

19. 請求項18に記載の露光方法において、

前記投影倍率の設定後に対応する前記ベースライン量は、前記投影倍率の設定後に検出されるものであることを特徴とする露光方法。

20. 請求項18に記載の露光方法において、

前記投影倍率の設定後に対応する前記ベースライン量は、その設定された投影倍率に応じて、予め求められたベースライン量を計算により補正したものであることを特徴とする露光方法。

21. 請求項18～20のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記マスクは反射型マスクであり、前記投影光学系は反射光学系であることを特徴とする露光方法。

22. マスクと基板とを同期移動して、前記マスクのパターンを投影光学系を介して前記基板上に転写する露光方法において、

前記転写に先立って前記投影光学系の光学特性を調整し、前記光学特性の調

整に起因して生じる、前記投影光学系のイメージフィールド内での、パターン像の投影領域のシフトを補償するように、前記同期移動中における前記投影領域と前記基板との位置関係を調整することを特徴とする露光方法。

23. 請求項22に記載の露光方法において、

前記基板上のマークをマーク検出系で検出して得られる位置情報を用いて前記基板の露光位置を決定し、前記投影領域と前記基板との相対位置を調整するために、前記光学特性の調整後における前記マーク検出系のベースライン量と前記決定された露光位置情報とに従って、前記マスクに対する前記基板の同期移動を制御することを特徴とする露光方法。

24. 請求項22に記載の露光方法において、

前記同期移動では、前記光学特性の調整後に計測される前記マーク検出系のベースライン量及び前記調整された光学特性から計算される前記マーク検出系のベースライン量的一方を利用することを特徴とする露光方法。

25. 請求項22～24のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記基板上の複数のマークを前記マーク検出系で検出して得られる複数の位置情報と、前記投影光学系を介して前記マスク上の複数のマークを検出して得られる複数の位置情報との少なくとも一方に基づいて、前記投影光学系の光軸に沿った方向に前記マスクを移動し、前記基板の同期移動方向と直交する方向に関する前記パターン像の投影倍率を調整することを特徴とする露光方法。

26. 請求項22～24のいずれか一項に記載の露光方法において、

前記マスクは、主光線がそのパターン面に対して傾いた露光用照明光で照射される反射型マスクであり、前記露光用照明光は、波長5～15nmにスペクトルを有する極端紫外光であり、前記投影光学系は、前記マスク側が非テレセントリックで、かつ複数の反射光学素子のみから構成されていることを特徴とする露光方法。

27. マスクのパターンを投影光学系を介して基板上に繰り返し転写する露

光方法であって、

前記基板上のマークを検出するマーク検出系のベースライン量の変動要因となる物理量の変化を監視する第１工程と；

前記物理量が所定の許容値を超えたか否かに基づいて前記マーク検出系のベースライン量の更新の必要の有無を判断する第２工程と；

前記判断結果が肯定的である場合には新たなベースライン量を求め、その求めたベースライン量を用いて前記基板の位置を制御し、前記判断結果が否定的である場合には、予め求めた前記マーク検出系のベースライン量を用いて前記基板の位置を制御して、露光を行う第３工程とを含む露光方法。

２８． 請求項２７に記載の露光方法において、

前記第１工程において監視される物理量は、前記マスクの熱膨張変化量であることを特徴とする露光方法。

２９． 請求項２８に記載の露光方法において、

前記マスクの熱膨張変化量は、前記マスクの温度分布の計測結果に基づいて推定されるものであることを特徴とする露光方法。

３０． 請求項２７に記載の露光方法において、

前記第１工程において監視される物理量は、前記投影光学系の結像特性であることを特徴とする露光方法。

３１． 請求項２７に記載の露光方法において、

前記投影光学系はミラーを含む光学系であり、

前記第１工程において監視される物理量は、前記ミラーの変形量であることを特徴とする露光方法。

３２． マスクのパターンを基板上に転写する露光装置の製造方法であって、

前記マスクに露光用照明光を照射する照明系を提供する工程と；

前記マスクから出射された前記露光用照明光を前記基板上に投射する投影光学系を提供する工程と；



前記投影光学系の投影倍率を変更する倍率変更装置を提供する工程と；  
前記基板を保持する基板ステージを提供する工程と；  
前記基板ステージ上に存在するマークを検出するマーク検出系を提供する工程と；

前記マスクパターンの前記基板上への転写に際して、前記倍率変更装置により倍率に変更された時に、その倍率変更後に対応する前記マーク検出系のベースライン量を用いて前記マスクパターンの投影位置ずれを補正する補正装置を提供する工程とを含む露光装置の製造方法。

33. 請求項32に記載の露光装置の製造方法において、

前記マスクを保持するマスクステージを提供する工程と；  
前記マスクステージと前記基板ステージとを前記投影光学系の光軸方向に直交する第1方向に同期移動する駆動装置を提供する工程とを更に含むことを特徴とする露光装置の製造方法。

34. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法において、

前記リソグラフィ工程では、請求項1又は16に記載の露光装置を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

35. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法において、

前記リソグラフィ工程では、請求項18、22、27のいずれか一項に記載の露光方法を用いて露光を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

36. 請求項18、22、27のいずれか一項に記載の露光方法を用いて製造されるデバイス。

Fig. 1

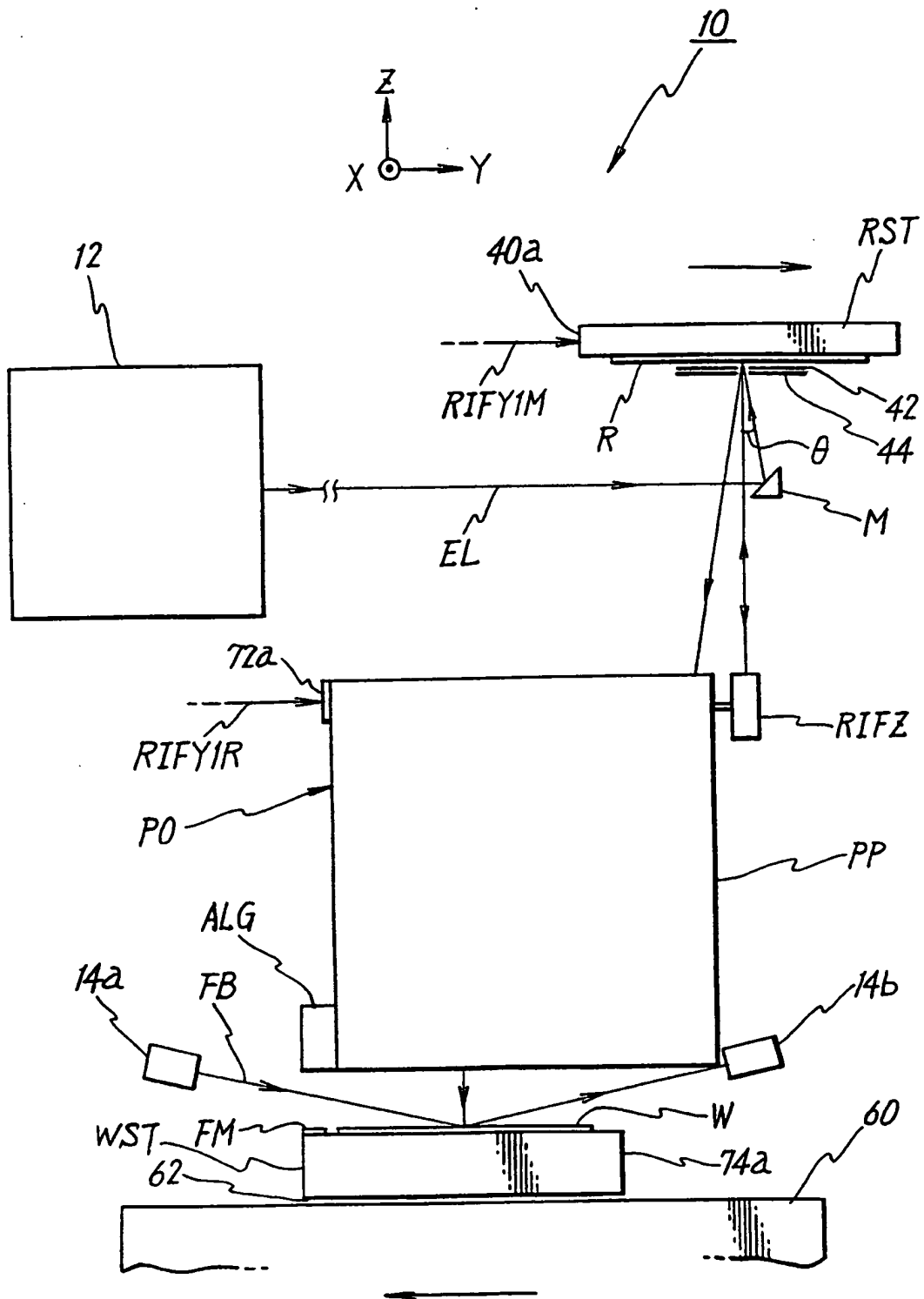


Fig. 2

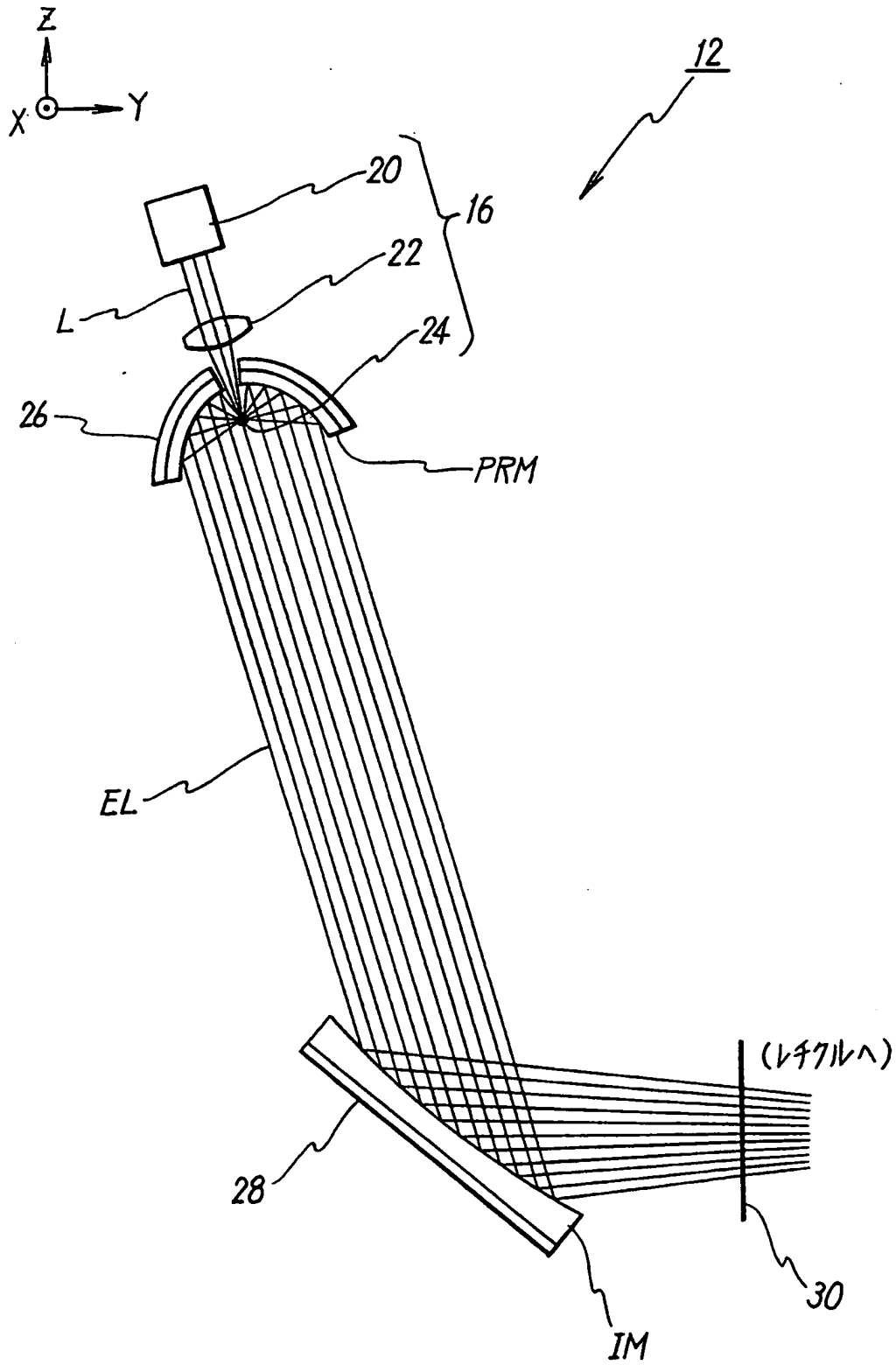


Fig. 3

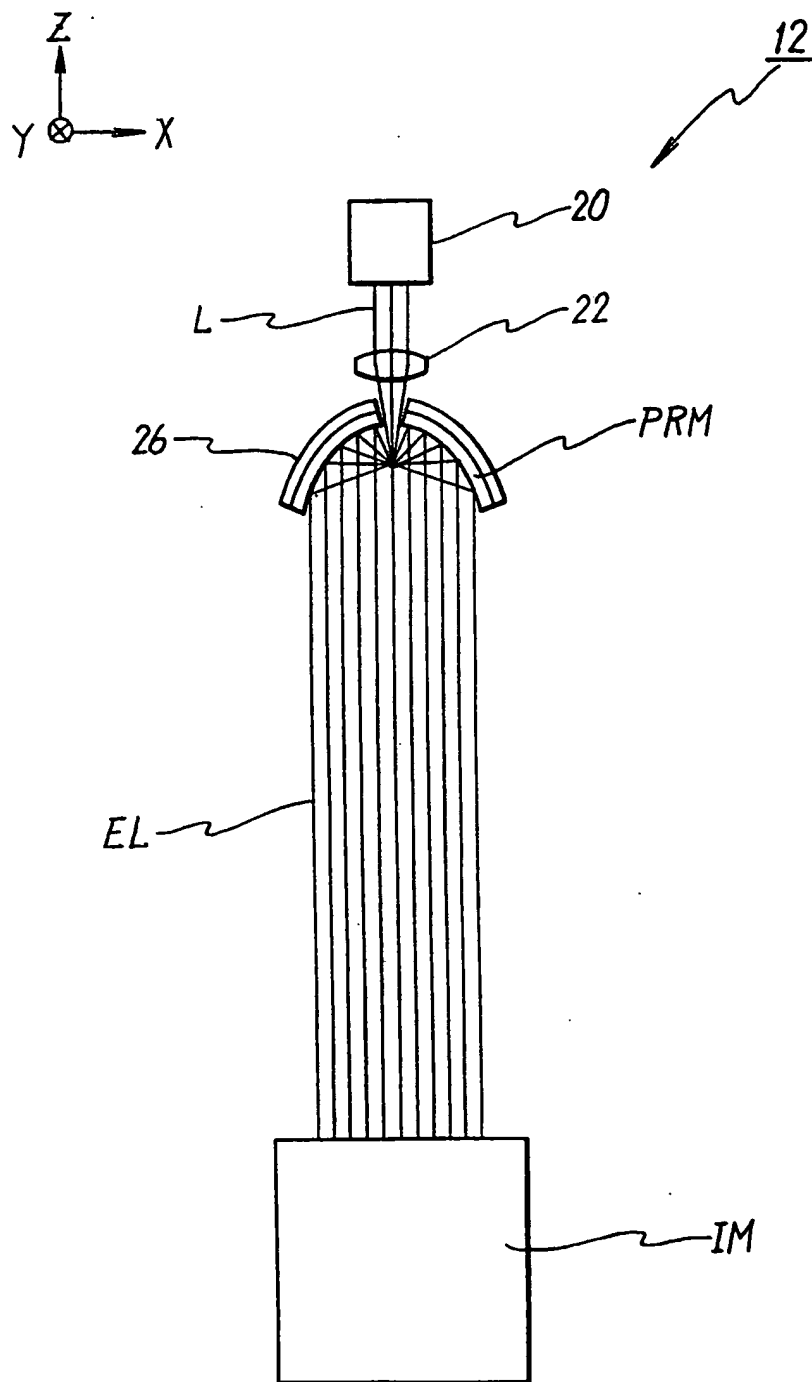




Fig. 5

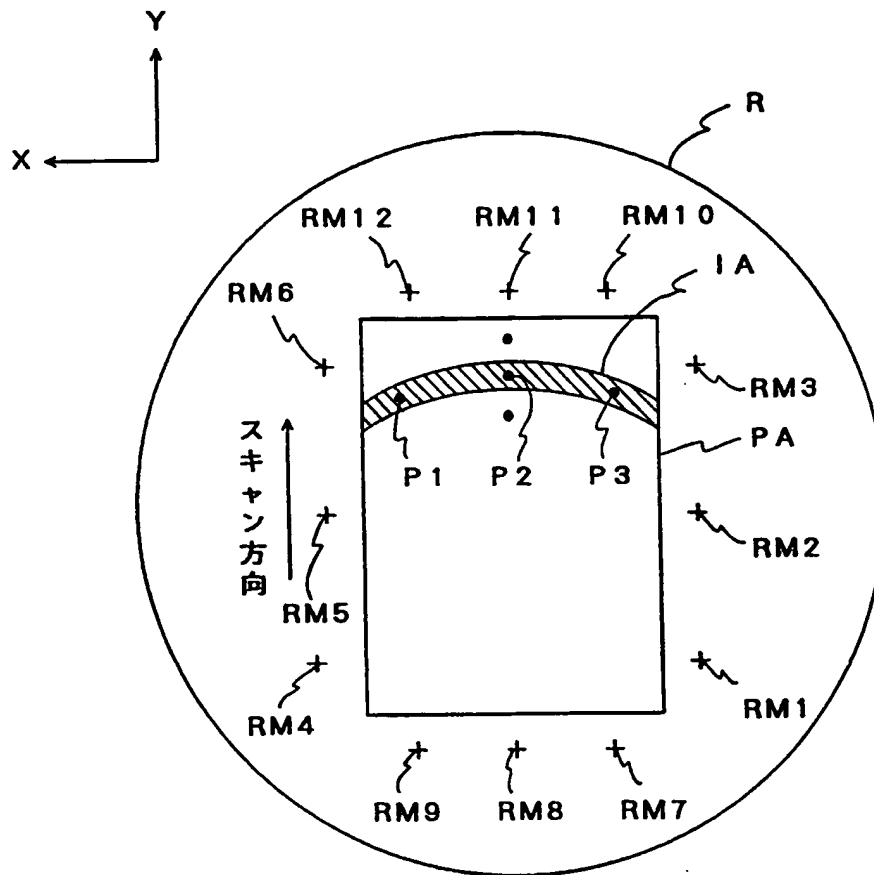


Fig. 6

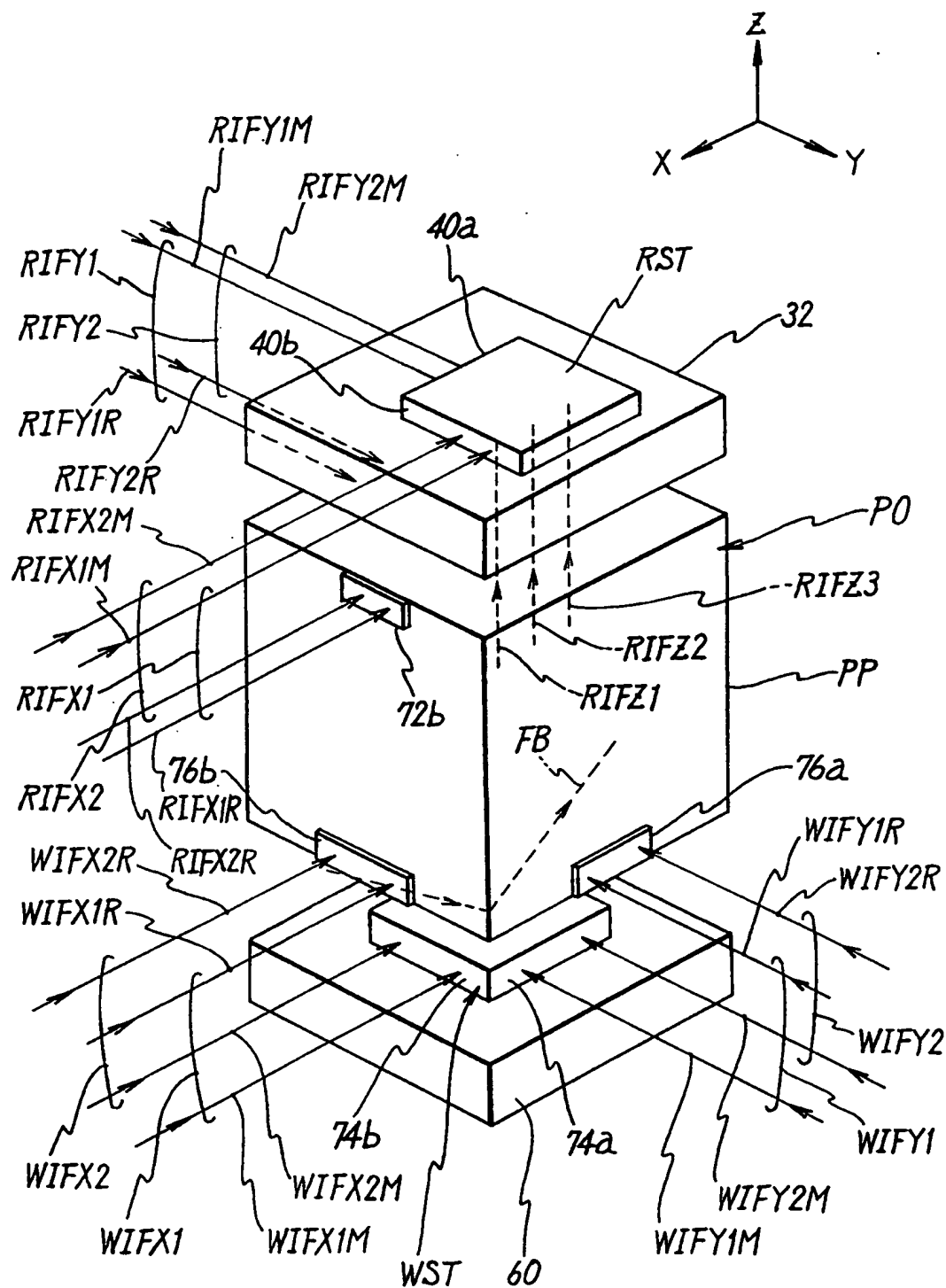


Fig. 7

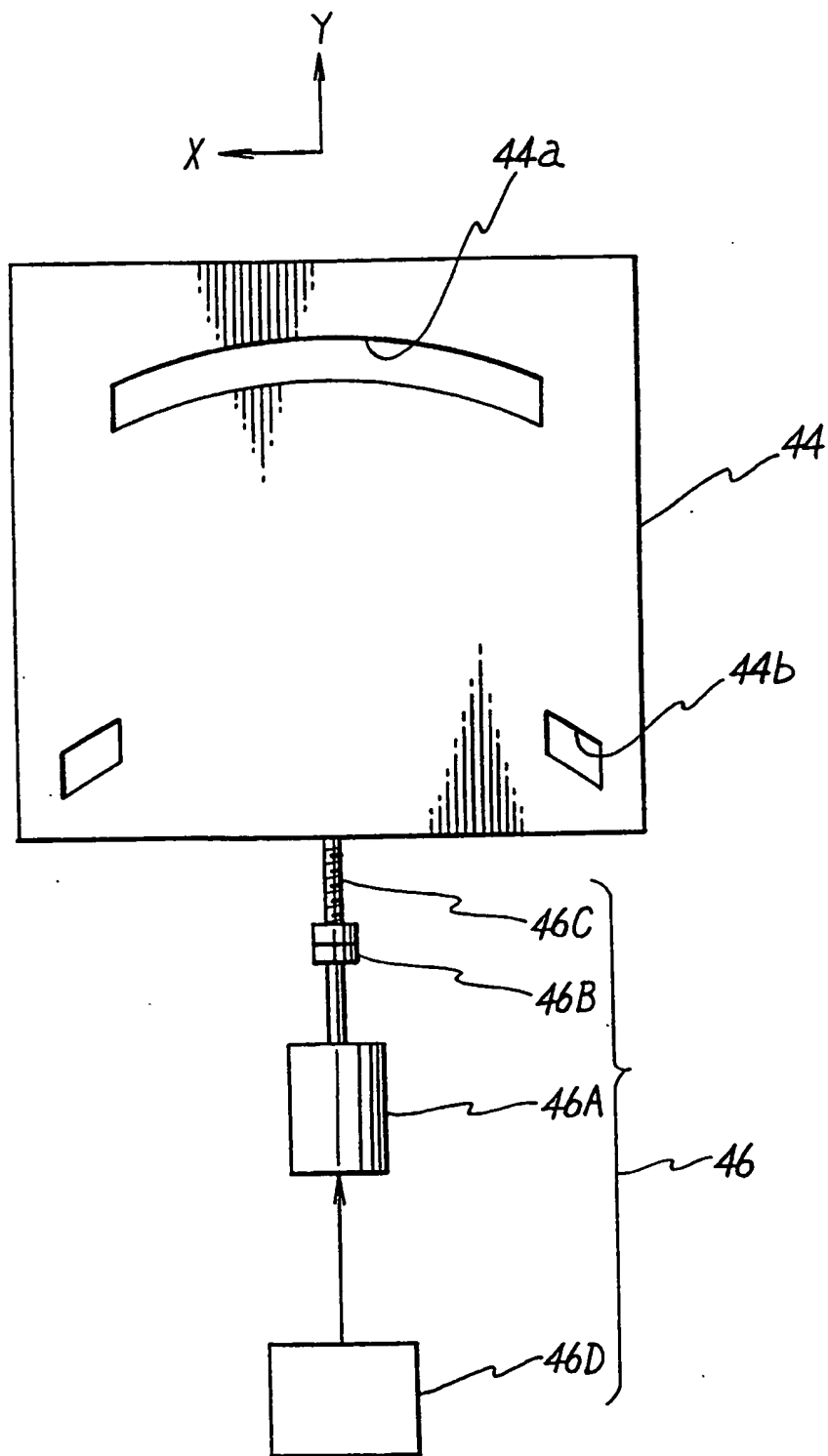




Fig. 8

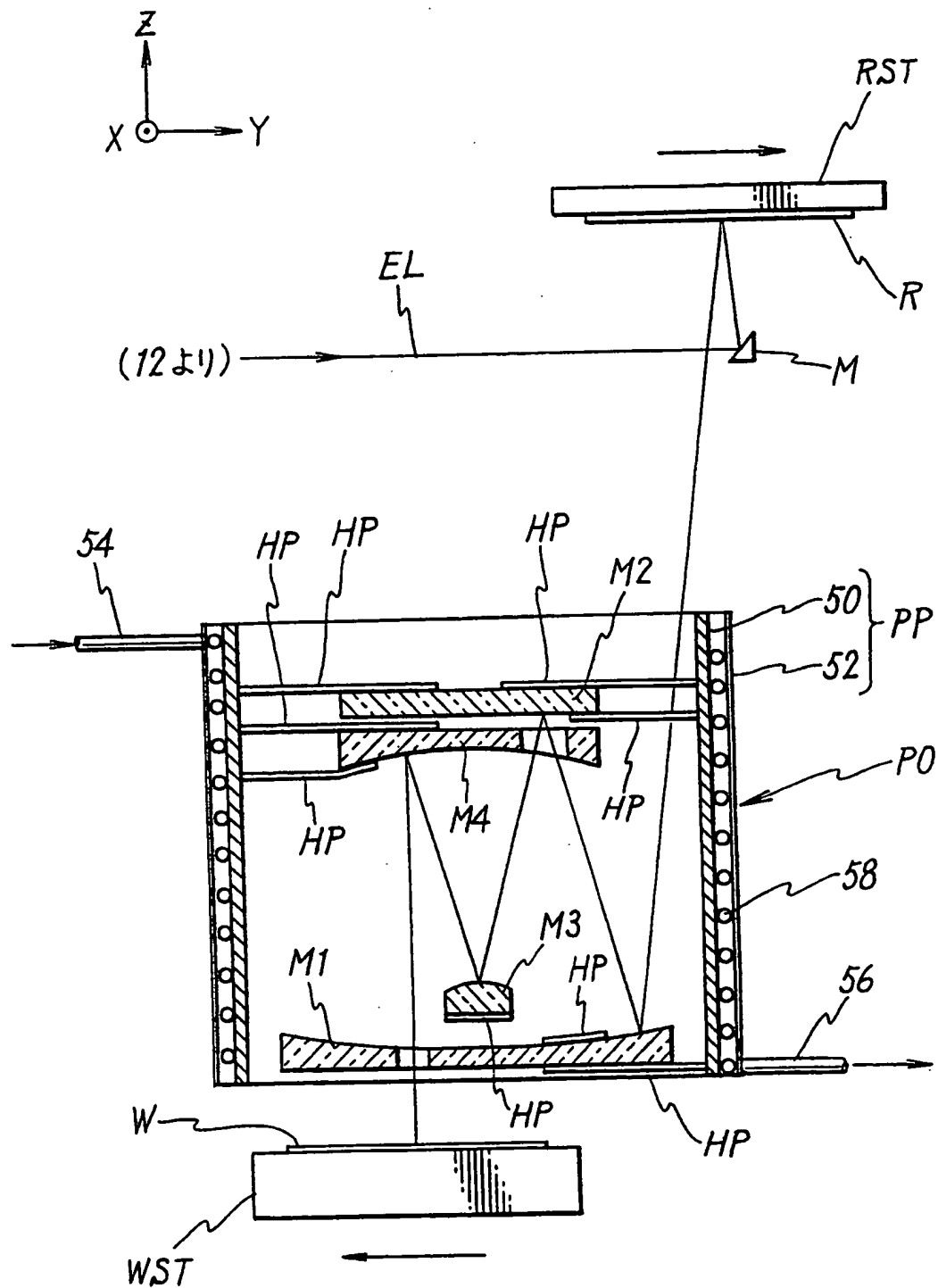


Fig. 9A

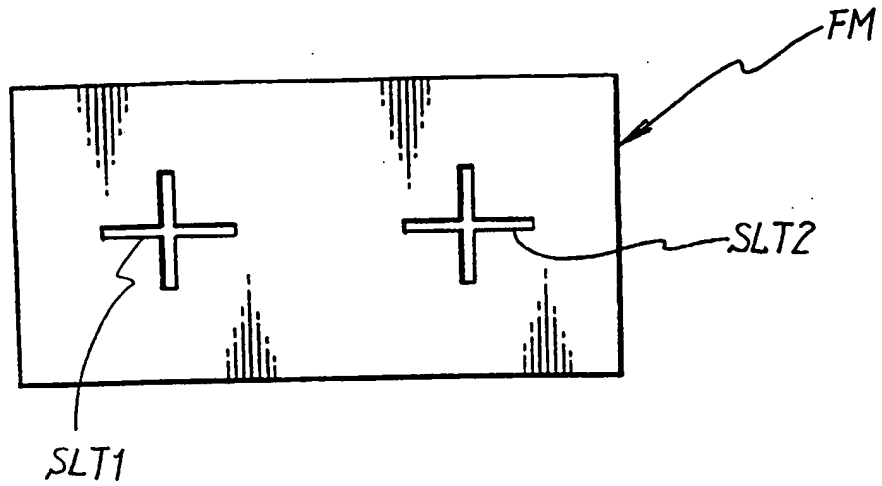


Fig. 9B

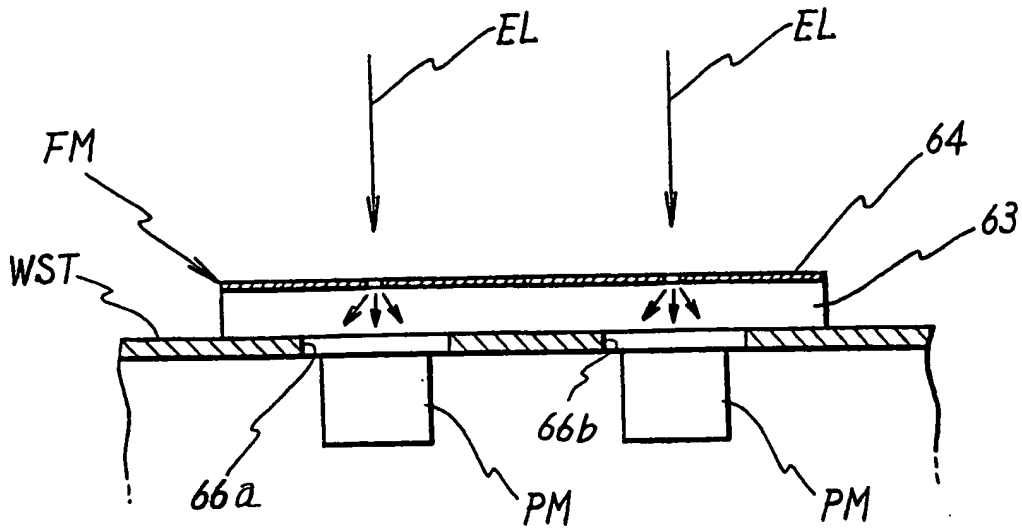


Fig. 10

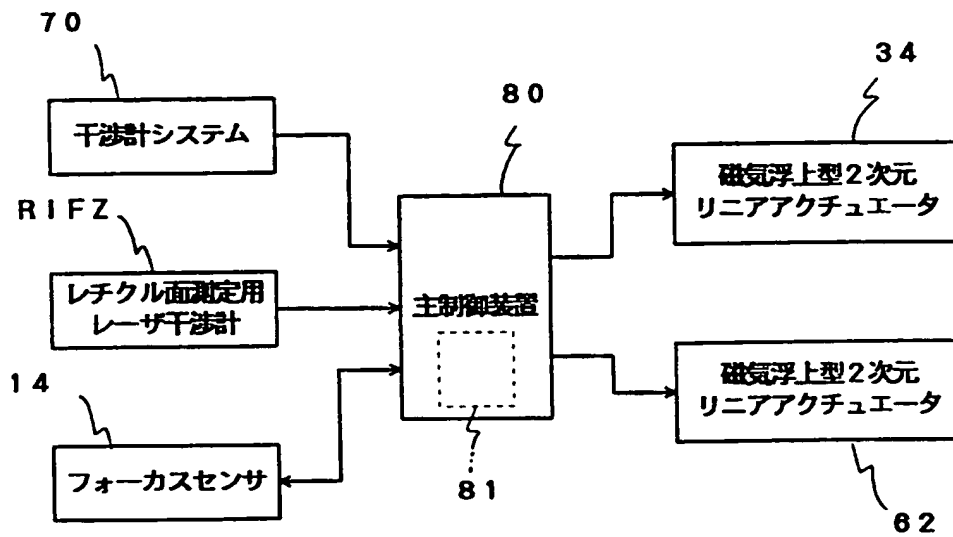


Fig. 11

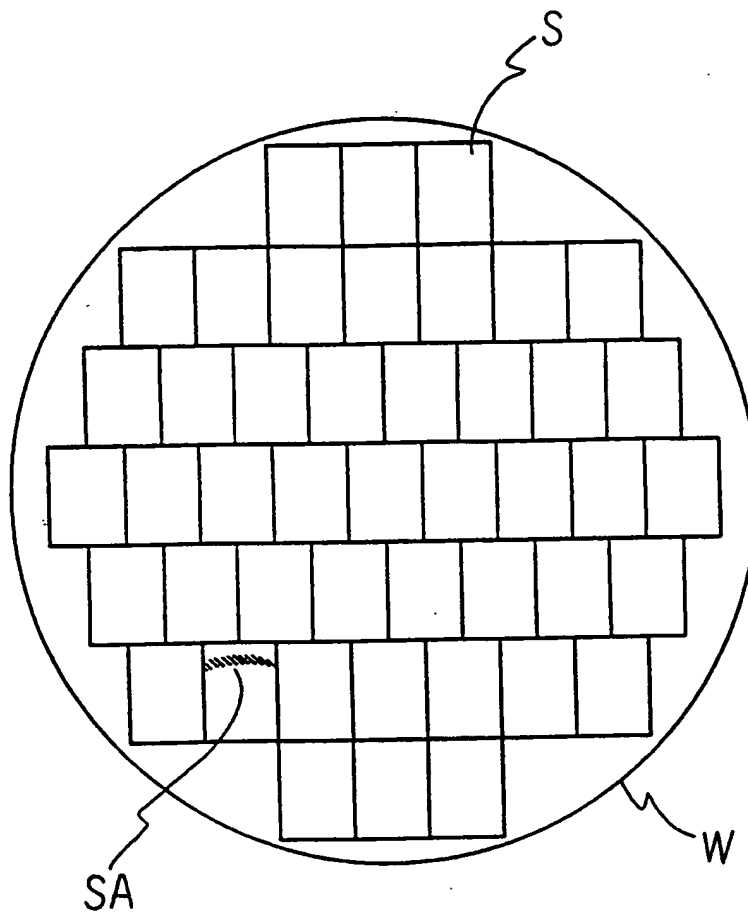


Fig. 12

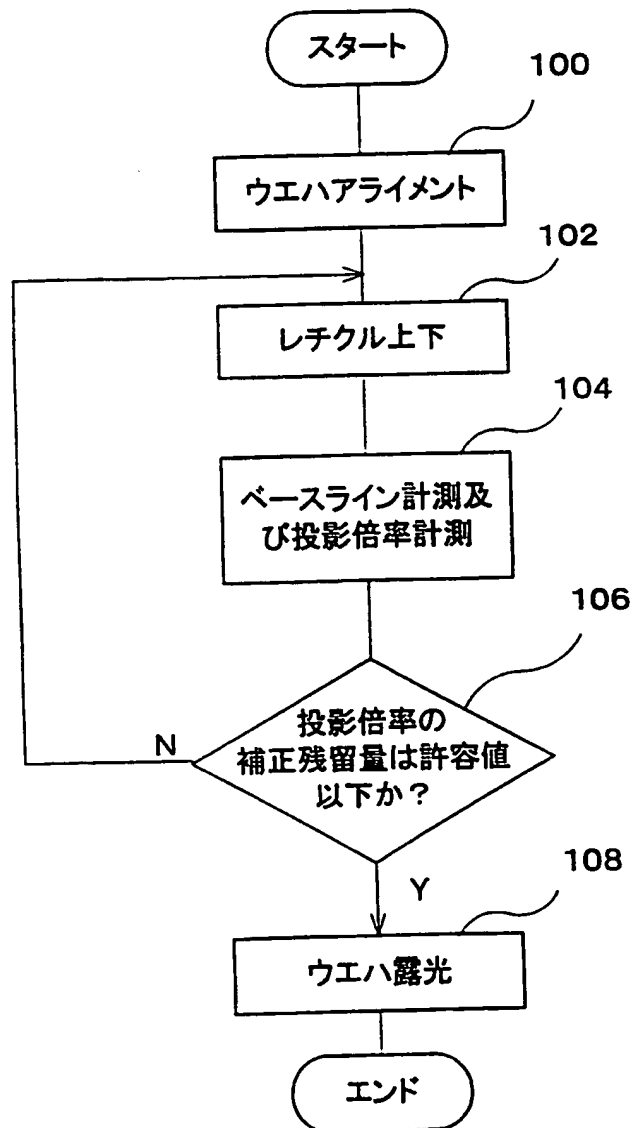


Fig. 13

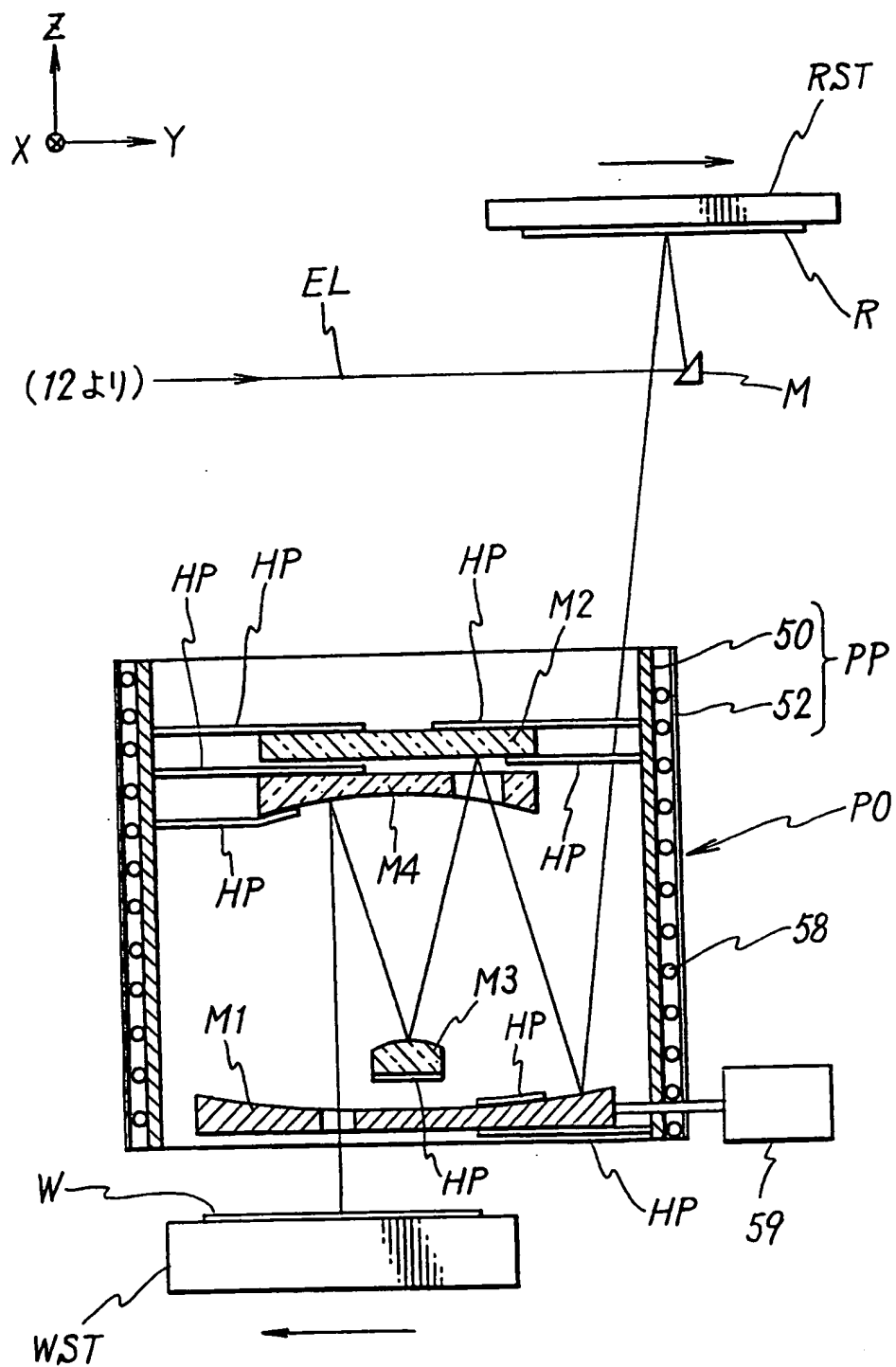


Fig. 14

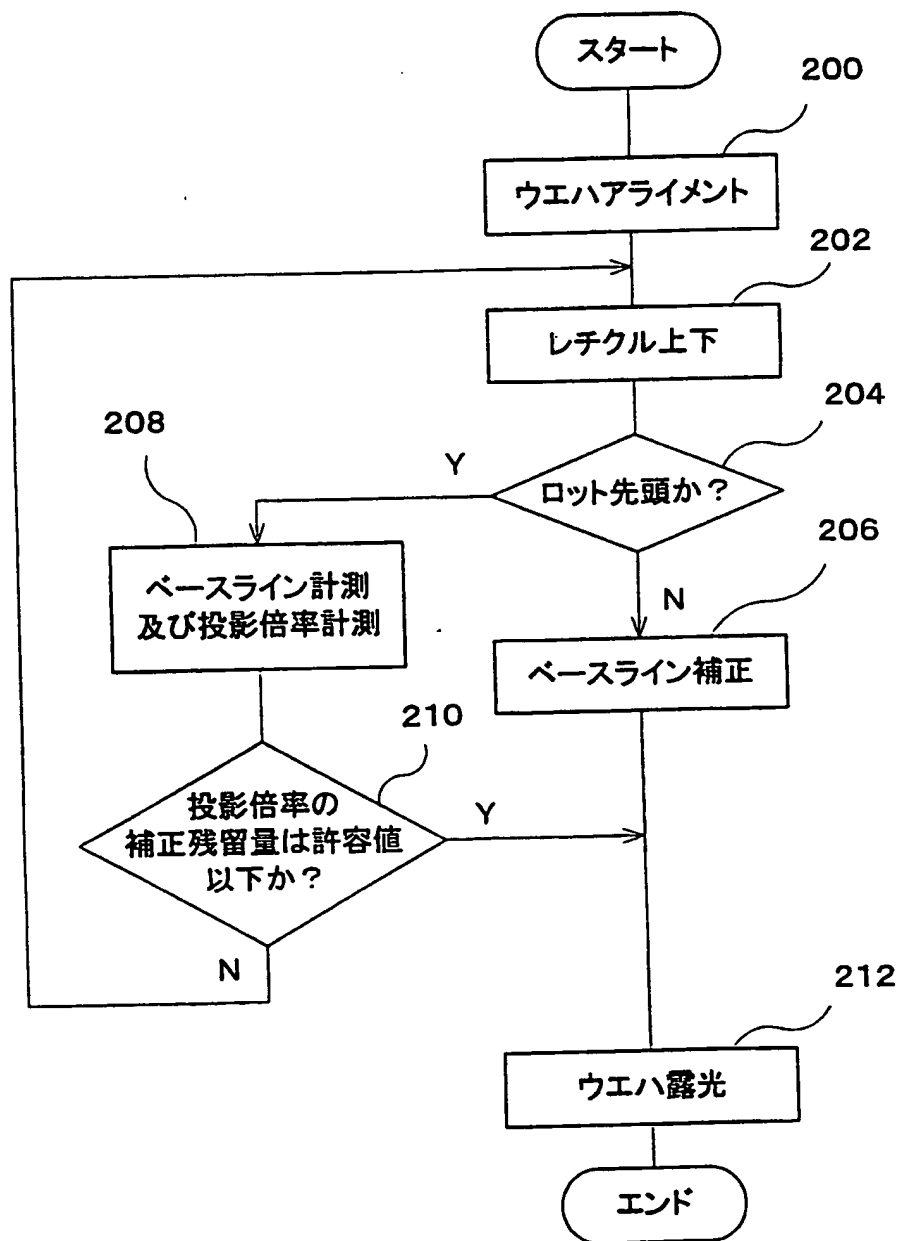


Fig. 15

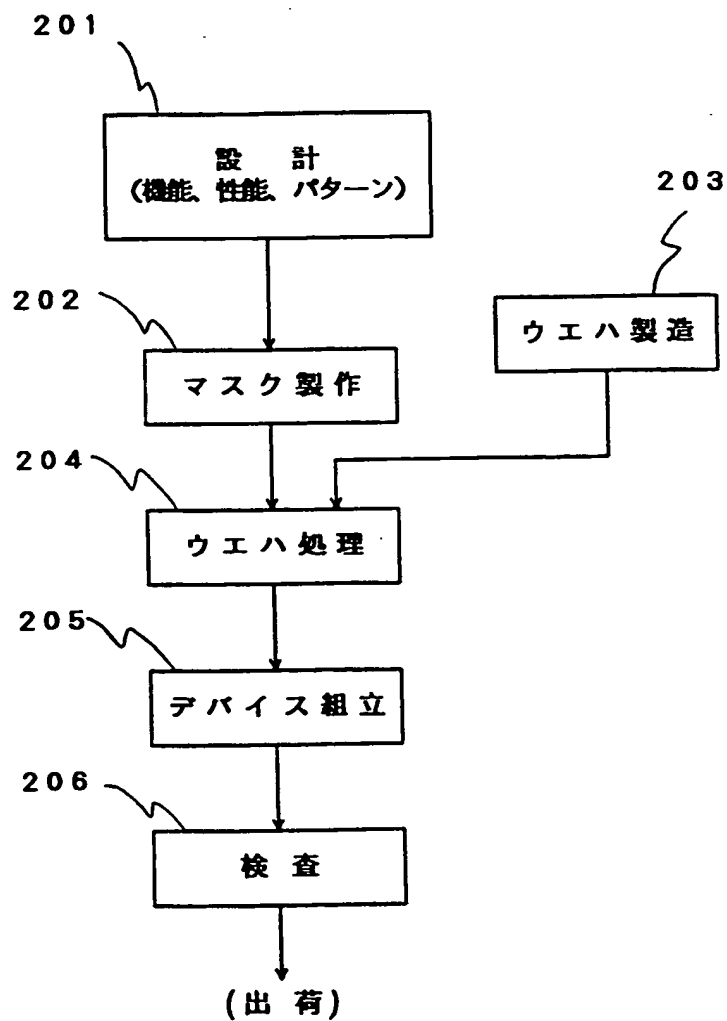




Fig. 16

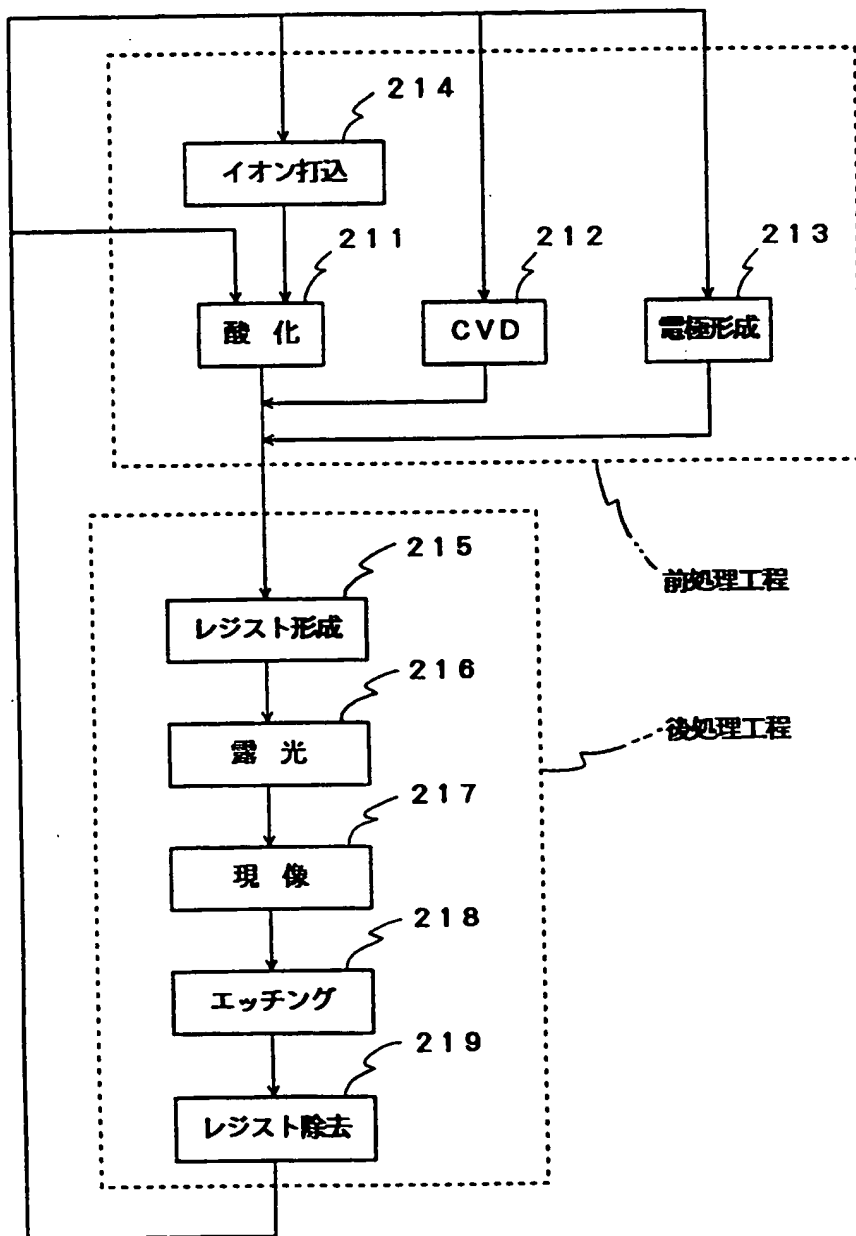
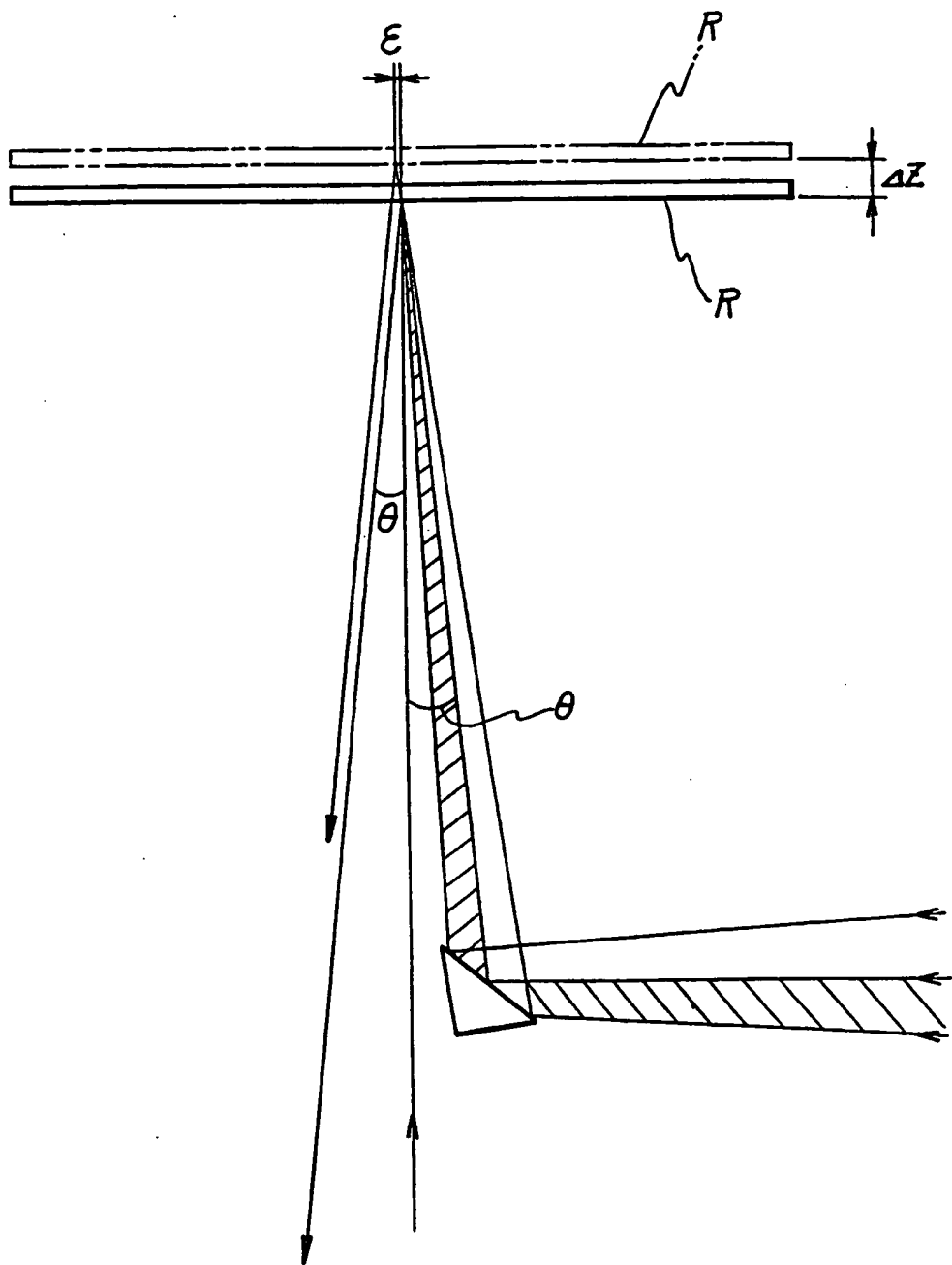


Fig. 17



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/00988

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>6</sup> H01L21/027, G03F9/00, G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>6</sup> H01L21/027, G03F9/00, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-1999	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 6-349706, A (Nikon Corp.), 22 December, 1994 (22. 12. 94) (Family: none)	1-2, 4, 7, 9-14
Y		3, 5-6, 8, 15-36
X	JP, 9-199398, A (Canon Inc.), 31 July, 1997 (31. 07. 97) (Family: none)	18-20, 22-24 21, 25-26
Y	JP, 2-72362, A (Hitachi, Ltd.), 12 March, 1990 (12. 03. 90) & US, 5008702, A	3, 6, 15-20, 25

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
7 May, 1999 (07. 05. 99)

Date of mailing of the international search report  
18 May, 1999 (18. 05. 99)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> H01L21/027, G03F9/00, G03F7/20

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> H01L21/027, G03F9/00, G03F7/20

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-1999年
日本国登録実用新案公報	1994-1999年
日本国実用新案登録公報	1996-1999年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP, 6-349706, A(株式会社ニコン)22. 12月. 1994(22. 12. 94) (ファミリーなし)	1-2, 4, 7, 9-14 3, 5-6, 8, 15-36
X Y	JP, 9-199398, A(ヤノ株式会社)31. 7月. 1997(31. 07. 97) (ファミリーなし)	18-20, 22-24 21, 25-26
Y	JP, 2-72362, A(株式会社日立製作所)12. 3月. 1990(12. 03. 90) & US, 5008702, A	3, 6, 15-20, 25

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07. 05. 99

国際調査報告の発送日

18.05.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

芝 哲 央



2M 7810

電話番号 03-3581-1101 内線 6941

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

Technical field this invention relates to an aligner and the exposure method, the manufacture method of an aligner, a device, and its manufacture method, and relates to the manufacture method of a device and device using the aligner and the exposure method which are used in more detail in case circuit devices, such as a semiconductor device and a liquid crystal display element, are manufactured at a lithography process, the manufacture method of the aforementioned aligner, the aforementioned aligner, and the exposure method.

Background technology Mass-production manufacture of the circuit devices (D-RAM which is 64M (megger) bit) whose minimum line widths are about 0.3-0.35 micrometers is carried out in the manufacture site of a semiconductor device now using the reduction projection aligner which made lighting light i line of a mercury lamp with a wavelength of 365nm, and the so-called stepper.

Simultaneously, it had the degree of integration of 256M bit and a 1G (G) bit D-RAM class, and introduction of the aligner for a minimum line width carrying out mass-production manufacture of the circuit device of the next generation 0.25 micrometers or less has started.

As an aligner for circuit device manufacture of the next generation, ultraviolet pulse laser light with a wavelength [ from a KrF excimer laser ] of 248nm, Or ultraviolet pulse laser light with a wavelength [ from an ArF excimer laser ] of 193nm is made into lighting light. By scanning relatively the mask or reticle (it being hereafter named the "reticle" generically) by which the circuit pattern was drawn, and the 1-dimensional wafer as an induction substrate to the projection visual field of a reduction projection optical system Development of the scanned type aligner of the step and scanning method which repeat scanning exposure operation which imprints the whole circuit pattern of a reticle in one shot field on a wafer, and stepping operation between shots is performed.

By the way, the degree of integration of a semiconductor device was integrated further highly in the future, it was correct to have shifted to 4G bit from 1G bit, the device rule in that case became about 0.1 micrometers, i.e., 100 nmL/S, and the technical problem technical for corresponding to this has accumulated by the aligner using ultraviolet pulse laser light with an above-mentioned wavelength of 193nm as a lighting light. Generally the resolution of the aligner showing a device rule (practical use minimum line width) is expressed with the following formula (1) using numerical-aperture N.A. of the exposure wavelength lambda and a projection optical system.

(Resolution) =  $k \cdot \lambda / \text{N.A.}$  .... (1)

Here, k is one or less positive constant called cay factor, and changes with properties of the resist used etc.

In order to make resolution high so that clearly from the above-mentioned formula (1) Since it is very effective to make wavelength lambda small, it is recently the light (on these specifications) of a soft X ray field with a wavelength of 5-15nm. this light -- "EUV (Extreme Ultraviolet) light" -- calling -- development of the EUV aligner used as an exposure light has come to be started, and it is observed one after another as a strong candidate of a generation's aligner this EUV aligner of whose is 100nm of minimum line widths

In an EUV aligner, generally lighting light is irradiated from across at this reflected type reticle using a reflected type reticle, and the pattern in the lighting field irradiated with the lighting light on a reticle is imprinted on a wafer by projecting the reflected light from the reticle side on a wafer through a projection optical system. Moreover, in this EUV aligner, a ring-like lighting field is set up on a reticle and the scanning exposure method which imprints the whole surface of the pattern on a reticle serially on a wafer through a projection optical system is adopted by carrying out the relative scan of a reticle and the wafer to a projection optical system.

Since the matter which penetrates light efficiently without absorption does not exist in the wavelength (5-15nm) of the light used for an EUV aligner and this is difficult to create a beam splitter that there is no other way but to reflected type use it, the lighting light to a reticle is because it must irradiate from across inevitably.

For this reason, a reticle side becomes a non-calling cent rucksack and the variation rate of the reticle of a direction which meets an optical axis appears as position change in scale-factor change and the direction of a short hand on a wafer at the longitudinal direction of a ring-like exposure field (field on the wafer corresponding to the aforementioned ring-like lighting field on a reticle).

A concrete numeric value is mentioned and explained. The projection optical system of resolution 100 nmL/S shall be designed as an exposure light using EUV light with a wavelength of 13nm.

The above-mentioned formula (1) formula can deform like the following formula (2).

$N.A. = k \cdot \lambda / (\text{resolution}) \dots (2)$

$k = 0.8$ , then (2) formulas show now that N.A. required in order to obtain resolution 100 nmL/S is

$N.A. = 0.104 \cdot 0.1$  temporarily. Of course, this N.A. is a value by the side of a wafer, and differs from it by the side of a reticle.

If the projection scale factor of a projection optical system is set to 4:1 generally used by the conventional far-ultraviolet-rays aligner (DUV aligner) using i line, g line, a \*\* KrF excimer laser, or an ArF excimer laser as an exposure light here and N.A. will become 0.1 by the wafer side, a reticle side will be 0.025 of the quadrant. The lighting light with which this is irradiated by the reticle means having the breadth of angle abbreviation \*\*25mrad to a chief ray. Therefore, if an incident light and the reflected light are piles mutually, in order to make it there be nothing, also at the lowest, an incident angle must be 25 or more mrad.

For example, in drawing 17, strike slip epsilon of the circuit pattern drawn on the reticle R to displacement (suitably henceforth "variation rate of Z direction of reticle")  $\Delta Z$  of the Z direction of 50mrad(s), then the pattern side of Reticle R in the incident angle  $\theta$  (= outgoing radiation angle  $\theta$ ) is expressed with the following formula (3).

$\epsilon = \Delta Z \cdot \tan \theta \dots (3)$

This formula (3) shows that the strike slip of the image in a reticle pattern side is set to about 50nm, and the 12.5nm image shift of the quadrant arises on a wafer when Reticle R displaces 1 micrometer in the vertical direction (Z direction) of drawing 17, for example. The overlay error (superposition error) which a device rule can permit in the semiconductor process of 100 nmL/S is said to be 30nm or less, and it can be said that it is very severe that a no less than 12.5nm overlay error arises only in the variation rate of the Z direction of a reticle. That is, an overlay error is because about 10nm may arise, respectively by positioning accuracy of a wafer stage, distortion of a projection optical system, etc. including other factors, and the alignment precision (alignment precision) and the so-called stepping precision of a reticle and a wafer.

Since the matter which penetrates light efficiently without absorption does not exist in the wavelength (5-15nm) of the light used for an EUV aligner as stated also in advance, a projection optical system has no choice but to all use [ which is constituted by only several mirrors (reflected light study element) ]. For this reason, the troublesome problem that control of a projection scale factor becomes difficult arises.

Namely, although the technique of changing the atmospheric pressure of the sealing room prepared between change and \*\* lenses of \*\* lens interval for control of a projection scale factor is generally adopted in the far-ultraviolet-rays aligner (DUV aligner) which uses the conventional KrF excimer laser

etc. as the light source Since it is not actually easy to change a mirror interval and the curvature of a mirror as well as a lens interval, and to control a projection scale factor and EUV light is absorbed by the gas, It is because the whole of the optical path must be made into a vacuum and technique of the atmospheric pressure change inside a projection optical system cannot be adopted.

One of the leading alternative as the control method of the projection scale factor in an EUV aligner is the technique of the variation rate of the reticle of a direction which meets the optical axis mentioned above making the variation rate of using the phenomenon of appearing as scale-factor change, i.e., the reticle, carry out in the direction of an optical axis of a projection optical system to the longitudinal direction of the exposure field on a ring intentionally on a wafer, and controlling a projection scale factor.

For example, in the example of drawing 17 mentioned above, since the inclinations of the flux of light by the side of a reticle were 50mrad(s), supposing the radius of the ring field (ring-like lighting field) was 200mm for example, in the reticle side, when 1 micrometer of reticles R keeps away from a projection optical system, the radius of the ring field is set to  $(200\text{mm}+50\text{nm})$ . That is, the reticle image (pattern image) projected on the wafer is expanded by  $/(50 \times 10^{-9}) (200 \times 10^{-3}) = 0.25 \times 10^{-6} = 0.25 \text{ ppm}$ . If Reticle R approaches a projection optical system, it will reduce conversely.

However, comparing a wafer with the original size, and expanding or reducing it by 10 ppm or more by passing through the process of many layers, is known. In order to perform 10 ppm scale-factor control, you have to make a Z direction go up and down  $10/0.25 \times 1 = 40$  micrometers of reticles R in the upper example. However, when all that matters controls 10 ppm of projection scale factors by vertical movement of a 40-micrometer reticle, the variation rate of a reticle is 10 ppm not only expands and contracts in a longitudinal direction (non-scanning direction), but that the reticle image projected on a ring-like exposure field on a wafer appears in the direction of a short hand (scanning direction) as position change of  $40 \times 12.5 = 500\text{nm}$ , i.e., a strike slip, (image shift). In lithography with a line breadth of 100nm, since about 1 of line breadth / 3 or 30nm are called for as total overlay, no less than 500nm of images is never allowed to shift by scale-factor control.

such a situation -- a reticles side, such as an EUV aligner, -- a non-calling cent -- if it is in the aligner which adopts rucksack optical system, now, development of the new technology in which the overlay error accompanying change of a projection scale factor can be reduced certainly serves as pressing need this invention was made under this situation and the 1st purpose is in offering prevention or the aligner which can fully be suppressed about degradation of the superposition precision resulting from adjustment (or change) of an optical property including the image formation properties (scale factor etc.) of a projection optical system.

Moreover, the 2nd purpose of this invention is about degradation of the superposition precision resulting from adjustment (or change) of an optical property including the image formation properties (scale factor etc.) of a projection optical system to offer prevention or the exposure method which can fully be suppressed.

Indication of invention this invention is an aligner which imprints the pattern of a mask (R) on a substrate (W), considering the 1st viewpoint. Scale-factor change equipment which changes the projection scale factor of the projection optical system (PO) which projects the aforementioned lighting light for exposure by which outgoing radiation was carried out to the aforementioned mask from the illumination system (12M, 44) which irradiates the lighting light for exposure (EL), and the; aforementioned mask on the aforementioned substrate, and the; aforementioned projection optical system (it RIFZ(s)) The imprint of a up to [ the aforementioned substrate of the mark detection system (ALG) which detects the mark which exists on 34, 80, the substrate stage (WST) holding the; aforementioned substrate, and the; aforementioned substrate stage, and the; aforementioned mask pattern ] is faced. When a scale factor is changed by the aforementioned scale-factor change equipment, it is the 1st aligner equipped with an amendment compensator for a projection position gap of the aforementioned mask pattern using the amount of base lines of the aforementioned mark detection system corresponding to after the scale-factor change.

Here, it includes with "the mark which exists on a substrate stage", not only the mark of the reference

mark formed on the substrate stage itself but the body laid on the substrate stage, for example, the mark formed on the substrate. In this specification, the term "the mark which exists on a substrate stage" is used.

Moreover, with the "amount of base lines" of a mark detection system, it has the same meaning with usual, and specifically, it is the information about the relative-position relation between the detection center of a mark detection system, and the projection position to the substrate stage top of the pattern of a mask, for example, is used for the position control of a substrate stage (substrate). In this specification, the term "the amount of base lines" is used in such a meaning.

According to the 1st aligner concerning this invention, if the lighting light for exposure is irradiated by the illumination system to a mask, it will be projected on the lighting light for exposure by which outgoing radiation was carried out from the mask by the projection optical system on a substrate, and the pattern of the field on the mask illuminated with the lighting light for exposure will be imprinted on a substrate. When the projection scale factor of a projection optical system is changed by scale-factor change equipment on the occasion of the imprint of this mask pattern, in a compensator, a projection position gap of a mask pattern is amended using the amount of base lines of the mark detection system corresponding to after the scale-factor change. Therefore, it becomes possible about degradation of the superposition precision accompanying change of a projection scale factor prevention or to fully suppress.

In the 1st aligner concerning this invention, at least one reference mark containing a specific reference mark is formed on the aforementioned substrate stage (WST). It has further the position detection system (FM) which detects the relative-position relation between the aforementioned specific reference mark and the projection position to the aforementioned substrate stage top of the pattern image of the aforementioned mask. the aforementioned compensator It is based on the result which detected the aforementioned relative-position relation using the aforementioned position detection system, and the result to which the relation between the aforementioned specific reference mark on the aforementioned substrate stage and this reference mark detected known one side of a different reference mark using the aforementioned mark detection system. Suppose that it has the control unit (80) which calculates the aforementioned amount of base lines corresponding to after the aforementioned scale-factor change. When the projection scale factor of a projection optical system is changed by scale-factor change equipment on the occasion of the imprint of a mask pattern in this case, in the control unit which constitutes a compensator The result which detected the relative-position relation between the specific reference mark on a substrate stage, and the projection position to the substrate stage top of the pattern image of a mask using the position detection system, It is based on the result which detected a different reference mark (the physical relationship with a specific reference mark is known) from the specific reference mark on a substrate stage, or this using the mark detection system. The projection position to the substrate stage top of the amount of base lines of the mark detection system corresponding to after scale-factor change, i.e., the pattern image of a mask, and the physical relationship based on [ of a mark detection system ] detection are searched for. That is, in a compensator, after scale-factor change, the amount of base lines is actually measured and a position gap of the projection position to the substrate top of the pattern image of the mask accompanying change of a projection scale factor is amended using the measurement result. Therefore, it becomes possible about degradation of the superposition precision accompanying change of a projection scale factor prevention or to fully suppress.

When actually measuring the amount of base lines after change of a projection scale factor, it is desirable as mentioned above in having further the adjusting device adjust the position of the aforementioned optical-axis direction of the aforementioned substrate stage so that it may be located in the aforementioned mark to the focal position of the aforementioned mark-detection system based on the detection result of the aforementioned focal detection system in the case of detection of the mark which the aforementioned mark-detection system (ALG) has a focal detection system, and exists on the aforementioned substrate stage by the aforementioned mark-detection system. In this case, in case a different reference mark (the physical relationship with a specific reference mark is known) from the specific reference mark on a substrate stage or this is detected on the occasion of measurement of the



amount of base lines using a mark detection system, an adjusting device can adjust the position of a substrate stage and the aforementioned reference mark can be detected so that the reference mark for [ aforementioned ] detection may be located in the focal position of a mark detection system based on the detection result of a focal detection system. Therefore, the position control of a substrate highly precise as a result becomes possible by locating a substrate in the focal position of a mark detection system like the above, and detecting the alignment mark on a substrate by the mark detection system in the case of alignment measurement of the substrate before exposure.

In the 1st aligner concerning this invention, at least one reference mark containing a specific reference mark is formed on the aforementioned substrate stage (WST). It has further the position detection system (FM) which detects the relative-position relation between the aforementioned specific reference mark and the projection position to the aforementioned substrate stage top of the pattern image of the aforementioned mask. the aforementioned compensator The detection result of the aforementioned position detection system, The storage which memorizes beforehand the amount of base lines of the aforementioned mark detection system computed based on the result to which the relation between the aforementioned specific reference mark on the aforementioned substrate stage and this reference mark detected known one side of a different reference mark using the aforementioned mark detection system (ALG) (81), Suppose the aforementioned amount of base lines memorized by the aforementioned storage according to the scale factor by which a change was made [ aforementioned ] that it has amendment calculation equipment (80) by calculation. In this case, the amount of base lines computed based on the result to which the relation between the specific reference mark on a substrate stage and this reference mark detected known one side of a different reference mark to storage using the detection result of a position detection system and the mark detection system is memorized beforehand. And when the projection scale factor of a projection optical system is changed by scale-factor change equipment on the occasion of the imprint of a mask pattern, with the calculation equipment which constitutes a compensator, the amount of base lines memorized in storage according to the scale factor changed by scale-factor change equipment is amended by calculation. Amendment of this amount of base lines is performed based on the relation between the controlled variable of for example, scale-factor change equipment, and the amount of position gaps of the mask pattern image on a substrate. thus, a position gap of the projection position to the substrate top of the pattern image of the mask accompanying [ only at according to this invention, performing actual base-line measurement beforehand and memorizing the result to storage / in the time of scale-factor change ] change of a projection scale factor only by calculation -- an amendment -- things become possible Therefore, degradation of the superposition precision accompanying change of a projection scale factor can be prevented, or it can fully suppress, and, moreover, improvement in a throughput is attained.

In the 1st aligner concerning this invention, when a projection scale factor is changed by scale-factor change equipment the amount of base lines beforehand calculated by calculation when the amount of base lines of a mark detection system was actually measured -- calculation -- an amendment -- by any [ in the case of calculating the amount of base lines corresponding to after projection scale-factor change by things ] case When the aforementioned lighting light for exposure (EL) is the light of a soft X ray field The aforementioned position detection system is prepared on the aforementioned substrate stage (WST). The fluorescence generating matter (63), Opening which serves as the aforementioned specific reference mark formed in this front face of the thin film which consists of either the reflecting layer (64) of the aforementioned lighting light for exposure, or an absorption layer (SLT1, SLT2), When the aforementioned lighting light for exposure reaches the aforementioned fluorescence generating matter through the aforementioned opening, it is desirable that it is the space image measuring instrument (FM) which has the optoelectric transducer (PM) which carries out photo electric translation of the light which the aforementioned fluorescence generating matter emits. In this case, as mentioned above, the matter which usually penetrates the light of a soft X ray field exists, although there is, when using this light as a lighting light for exposure, it uses the lighting light for exposure by the position detection system, i.e., a space image measuring instrument, and the space image measurement of it is attained. [ no ] Therefore, the relative-position relation between the specific reference mark on a substrate stage (the above-

mentioned opening) and the projection position to the substrate stage top of the pattern image of a mask is easily detectable using this position detection system.

Although various the change methods of a projection scale factor are considered, the equipment which drives the aforementioned mask in the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system can constitute the aforementioned scale-factor change equipment from the 1st aligner concerning this invention, for example. a body side side (mask side) -- a non-calling cent, of course, in being a rucksack projection optical system Even if it is the projection optical system of a both-sides tele cent rucksack, since manufacture of the optical system of a tele cent rucksack is actually difficult completely (in each image quantity within a projection visual field), Anyway, since a projection scale factor (or distortion) will change even if projection optical systems are any of dioptric system, cata-dioptric system, or catoptric system if a mask is driven in the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system, a projection scale factor can be easily changed by using this. In the 1st aligner concerning this invention, when the aforementioned projection optical system is the optical system containing a reflected light study element, let the aforementioned scale-factor change equipment be optical property change equipment which changes the optical property of the aforementioned projection optical system. In this case, although the aforementioned optical property change equipment may be equipment which changes the interval of two or more reflected light study elements, it may change the curvature of the aforementioned reflected light study element, for example. In the 1st aligner concerning this invention, the aforementioned projection optical system (PO) The mask stage which is the optical system containing a reflected light study element, and holds the aforementioned mask (RST), When it has further the driving gear (80, 34, 62) which carries out the synchronized drive of this mask stage and the aforementioned substrate stage (WST) in the 1st direction which intersects perpendicularly in the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system Let the aforementioned scale-factor change equipment (34 RIFZ, 80) be equipment which changes the scale factor of the 2nd direction which drives the aforementioned mask in the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system through the aforementioned mask stage, and intersects perpendicularly in the direction of an optical axis and the 1st direction of the above of the aforementioned projection optical system.

If the lighting light for exposure is irradiated by the illumination system to a mask in this case, it will be projected on the lighting light for exposure by which outgoing radiation was carried out from the mask by the projection optical system on a substrate, and the pattern of the field on the mask illuminated with the lighting light for exposure will be imprinted on a substrate. On the occasion of this mask pattern imprint, the synchronized drive of a mask stage and the substrate stage is carried out in the 1st direction which intersects perpendicularly in the direction of an optical axis of a projection optical system with a driving gear. Thereby, the whole surface of the pattern of a mask is imprinted by scanning exposure on a substrate. Moreover, since it is equipment which changes the scale factor of the 2nd direction where scale-factor change equipment drives a mask stage in the direction of an optical axis of a projection optical system, and intersects perpendicularly in the direction of an optical axis of a projection optical system, and the 1st direction, while control of a projection scale factor is easily possible about the 2nd direction, the scale-factor adjustment about the 1st direction (scanning direction) is easily realizable with control of a synchronous-speed ratio. Moreover, a compensator can amend a position gap of the projection position to the substrate top of the pattern image of the mask accompanying change of a projection scale factor. Therefore, degradation of the superposition precision accompanying change of a projection scale factor can be prevented, or it can fully suppress, and, moreover, scale-factor control is easy. In this case, although especially the aforementioned lighting light for exposure is not limited, you may be the light of a vacuum-ultraviolet region, for example. Or the aforementioned projection optical system may be catoptric system which consists only of a reflected light study element, and the aforementioned mask may be a reflected type mask.

When using the combination of the catoptric system which consists only of a reflected light study element like the above, and a reflected type mask, the aforementioned lighting light for exposure may be the light of a soft X ray field.

The focal position detection system which detects the position of the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system of the substrate (W) on the aforementioned substrate stage (WST) in the 1st aligner concerning this invention (14a, 14b), The offset corresponding to the amount of drives of the aforementioned optical-axis direction of the aforementioned mask by the aforementioned scale-factor change equipment can be given to the aforementioned focal detection system, and it can have further the stage control unit which carries out feedback control of the position of the direction of an optical axis of the aforementioned substrate stage based on the detection result of this focal position detection system. In this case, the position of the direction of an optical axis of the substrate at the time of the imprint of a mask pattern is applied to the ability to set up at the focal position of a projection optical system with a stage control unit. On the aforementioned substrate stage (WST), at least one reference mark containing a specific reference mark is formed especially. In having further the position detection system which detects the relative-position relation between the aforementioned specific reference mark and the projection position to the aforementioned substrate stage top of the pattern image of the aforementioned mask In case a position transducer detects the relative-position relation between a specific reference mark and the projection position to the substrate stage top of the pattern image of a mask for detection of the amount of base lines Since a specific reference mark can be set as the focal position of a projection optical system, highly precise detection in the state where there is no focal gap is attained, and accuracy can be asked more for the amount of base lines as a result.

In the 1st aligner concerning this invention, the scale-factor change by scale-factor change equipment For example, although you may carry out based on the target scale factor given for the purpose of amendment of heat deformation of a mask etc. The imprint to the aforementioned substrate (W) of the pattern of the aforementioned mask (R) is preceded. In having further detection equipment (80) which detects two or more alignment marks on the aforementioned substrate using the aforementioned mark detection system (ALG) Based on the position detection result of two or more alignment marks by the aforementioned detection equipment, you may be made to make a change of the scale factor by the aforementioned scale-factor change equipment (34 RIFZ, 80). Since the scale-factor change with an actual substrate is called for based on the detection result of an alignment mark in this case and a projection scale factor is changed into it by scale-factor change equipment according to the scale-factor change, superposition precision improves.

In the 1st aligner concerning this invention, the aforementioned mask side of the aforementioned projection optical system may be a non-calling cent rucksack.

this invention is an aligner which repeats and imprints the pattern of a mask (R) on a substrate (W), considering the 2nd viewpoint. the illumination system (12 and M --) which irradiates the lighting light for exposure (EL) at the aforementioned mask The aforementioned lighting light for exposure by which outgoing radiation was carried out to 44) from the; aforementioned mask The projection optical system and the; aforementioned substrate which are projected on the aforementioned substrate The substrate stage to hold The mark which exists on (WST) and the; aforementioned substrate stage The mark detection system to detect (ALG) and; When the judgment result of the judgment equipment which judges the existence of the need for renewal of the amount of base lines of the aforementioned mark detection system based on a predetermined criteria, the renewal equipment of the base line which calculates the amount of base lines new when the result of judgment of the; aforementioned judgment equipment is affirmative, and the; aforementioned judgment equipment is negative The position of the aforementioned substrate stage is controlled using the amount of base lines of the aforementioned mark detection system for which it asked beforehand on the occasion of the imprint to the aforementioned substrate of the aforementioned mask pattern. case the judgment result of the aforementioned judgment equipment is affirmative -- the imprint to the aforementioned substrate of the aforementioned mask pattern -- facing -- the above -- it is the 2nd aligner equipped with the stage control unit which controls the position of the aforementioned substrate stage using the new amount of base lines

According to this, while a mask pattern is repeatedly imprinted on a substrate, the existence of the need for renewal of the amount of base lines of a mark detection system is judged based on a predetermined criteria by judgment equipment, and when the result of judgment of judgment equipment is affirmative,

the new amount of base lines is calculated with the renewal equipment of the base line. And the position of a substrate stage is controlled using the amount of base lines of the mark detection system for which it asked beforehand on the occasion of the imprint to the substrate of a mask pattern, and when the judgment result of judgment equipment is negative, when the judgment result of judgment equipment is affirmative, the position of a substrate stage is controlled by the stage control unit using the new amount of base lines calculated with updating equipment on the occasion of the imprint to the substrate of a mask pattern. Therefore, if the conditions which can presume whether possibility of changing the amount of base lines as the above-mentioned judgment conditions exceeding an allowed value becomes high are defined When change of the amount of base lines becomes in an allowed value and can disregard a position gap of the imprint image of a mask pattern Position control of the substrate stage under exposure is performed using the amount of base lines calculated beforehand. When possibility that change of the amount of base lines will exceed an allowed value is high and a position gap of the imprint image of a mask pattern cannot be disregarded The amount of base lines is newly calculated by measurement (or calculation), and \*\* which is made to perform position control of the substrate stage under exposure using the newly calculated amount of base lines is made. Therefore, in a position gap of the projection position to the substrate of a mask pattern image, prevention or since re-measurement (or re-calculation) of the amount of base lines is performed only when required while fully being able to suppress, improvement in a throughput is possible.

In this case, although various things can be considered as the above-mentioned judgment conditions, the aforementioned judgment equipment is good also as judging the existence of the need for renewal of the amount of base lines of the aforementioned mark detection system based on whether the aforementioned substrate which is the object of an imprint of a mask pattern is the head of a lot, for example.

In the exposure method which imprints the pattern formed in the aforementioned mask, this invention carrying out the synchronized drive of the substrate (W) to a mask (R) considering the 3rd viewpoint on the aforementioned substrate through a projection optical system (PO) The pattern of the mask which irradiated the lighting light for exposure (EL) with the predetermined incident angle to the pattern side of the aforementioned mask, and was illuminated by the aforementioned lighting light for exposure is faced imprinting on the aforementioned substrate through the aforementioned projection optical system. While setting the projection scale factor of the aforementioned synchronized-drive direction of the aforementioned projection optical system, and the direction which intersects perpendicularly as a desired value It is the 1st exposure method characterized by controlling the position of the aforementioned substrate using the amount of base lines of the mark detection system (ALG) which detects the alignment mark on the aforementioned substrate corresponding to after this setup.

According to this, the pattern of the mask which irradiated the lighting light for exposure with the predetermined incident angle (the case where an incident angle is 0 is included) to the pattern side of a mask, and was illuminated by the lighting light for exposure is faced imprinting on a substrate through a projection optical system. If the projection scale factor of the direction of a synchronized drive of a projection optical system and the direction which intersects perpendicularly is set as a desired value, the position of a substrate will be controlled using the amount of base lines of the mark detection system which detects the alignment mark on the substrate corresponding to after this setup. In this case, the projection scale factor of the direction of a synchronized drive is controllable by adjusting the synchronous-speed ratio of a mask and a substrate. Therefore, change of a projection scale factor and degradation prevention of the superposition precision accompanying this are attained.

In this case, the aforementioned amount of base lines corresponding to after a setup of the aforementioned projection scale factor may be detected after a setup of the aforementioned projection scale factor, and the aforementioned amount of base lines corresponding to after a setup of the aforementioned projection scale factor may amend the amount of base lines calculated beforehand by calculation according to the set-up projection scale factor. In the case of the latter, change of a projection scale factor and prevention of degradation of the superposition precision accompanying this are attained, without performing base-line measurement in the case of exposure.

By the 1st exposure method concerning this invention, the aforementioned mask may be a reflected type

mask and the aforementioned projection optical system may be catoptric system.

In the exposure method which this invention carries out the synchronized drive of the substrate (W) to a mask (R), considering the 4th viewpoint, and imprints the pattern of the aforementioned mask on the aforementioned substrate through a projection optical system (PO) So that the shift of the projection field of a pattern image in the image field of the aforementioned projection optical system which adjusts the optical property of the aforementioned projection optical system in advance of the aforementioned imprint, originates in adjustment of the aforementioned optical property and is produced may be compensated It is the 2nd exposure method characterized by adjusting the physical relationship of the aforementioned projection field and the aforementioned substrate in the aforementioned synchronized drive.

According to this, the synchronized drive of a mask and the substrate is carried out, it precedes imprinting the pattern of a mask on a substrate through a projection optical system, and the optical property of a projection optical system is adjusted. And at the time of the imprint to the substrate of a mask pattern, the physical relationship of the projection field of a pattern image and substrate in the synchronized drive of a mask and a substrate is adjusted so that the shift of the projection field of a pattern image in the image field of a projection optical system which originates in adjustment of the aforementioned optical property and is produced may be compensated. therefore, degradation of the superposition precision accompanying adjustment of an optical property -- prevention -- or it can fully suppress

In this case, in order to determine the exposure position of the aforementioned substrate (W) using the positional information which detects the mark on the aforementioned substrate (W) by the mark detection system (ALG), and is obtained and to adjust the relative position of the aforementioned projection field and the aforementioned substrate According to the exposure positional information by which a decision was made [ aforementioned ] with the amount of base lines of the aforementioned mark detection system (ALG) after adjustment of the aforementioned optical property, you may control the synchronized drive of the aforementioned substrate to the aforementioned mask (R).

You may make it use one side of the amount of base lines of the aforementioned mark detection system calculated from the amount of base lines and the optical property by which adjustment was carried out [ aforementioned ] of the aforementioned mark detection system (ALG) measured after adjustment of the aforementioned optical property by the aforementioned synchronized drive in the 2nd exposure method concerning this invention. Namely, what is necessary is just to use the amount of base lines of the mark detection system calculated from the optical property adjusted that what is necessary is just to actually measure the amount of base lines of a mark detection system since possibility that the amount of base lines will change with adjustments of an optical property a lot when an optical property is large and it changes before and after adjustment of an optical property is high when [ this ] an optical property hardly changed before and after adjustment of an optical property on the contrary. It is because it piles up even if it uses the calculated value which amended the amount of base lines before adjustment a changed part of the amount of base lines computed based on the correlation of the amount of adjustments of an optical property, and the amount of base lines in the case of the latter, and precision hardly deteriorates.

Two or more positional information which detects two or more marks on the aforementioned substrate (W) by the aforementioned mark detection system (ALG), and is obtained by the 2nd exposure method concerning this invention, It is based at least on one side with two or more positional information which detects two or more marks (RM) on the aforementioned mask (R), and is obtained through the aforementioned projection optical system (PO). The aforementioned mask may be moved in the direction which met the optical axis of the aforementioned projection optical system (PO), and the projection scale factor of the aforementioned pattern image about the direction of a synchronized drive of the aforementioned substrate and the direction which intersects perpendicularly may be adjusted. In this case, based on two or more positional information which detects two or more marks on a substrate by the mark detection system, and is obtained, the amount of expansion and contraction of a substrate can be calculated, and it can ask for the scale factor (or scale-factor change) of the mask pattern image

projected on a substrate based on two or more positional information which detects two or more marks on a mask, and is obtained through a projection optical system. Therefore, even if it moves a mask in the direction which met the optical axis of a projection optical system based on any of two or more positional information which detects two or more marks on a substrate by the mark detection system, and is obtained, and two or more positional information which detects two or more marks on a mask, and is obtained through a projection optical system, the projection scale factor of the pattern image about the direction of a synchronized drive of a substrate and the direction which intersects perpendicularly can be adjusted good.

By the 2nd exposure method concerning this invention, the aforementioned mask (R) A chief ray is the reflected type mask irradiated with the lighting light for exposure (EL) which inclined to the pattern side. the aforementioned lighting light for exposure (EL) It is the extreme ultraviolet radiation which has a spectrum in wavelength of 5-15nm, and the aforementioned mask side is a non-calling cent rucksack, and the aforementioned projection optical system (PO) may consist of only two or more reflected light study elements.

this invention is the exposure method which imprints the pattern of a mask (R) repeatedly through a projection optical system (PO) on a substrate (W), considering the 5th viewpoint. The mark on the aforementioned substrate The mark detection system to detect Change of the physical quantity leading to [ of the amount of base lines of (ALG) ] change The amount of base lines new when the 2nd process and the; aforementioned judgment result the 1st process and the; aforementioned physical quantity to supervise judge the existence of the need for renewal of the amount of base lines of the aforementioned mark detection system to be based on whether the predetermined allowed value was exceeded are affirmative is calculated. It is the 3rd exposure method including the 3rd process which controls the position of the aforementioned substrate using the calculated amount of base lines, and is exposed by controlling the position of the aforementioned substrate using the amount of base lines of the aforementioned mark detection system for which it asked beforehand when the aforementioned judgment result was negative.

According to this, change of the physical quantity leading to [ of the amount of base lines of the mark detection system which detects the mark on a substrate at the 1st process ] change is supervised, and the existence of the need for renewal of the amount of base lines of a mark detection system is judged based on whether the aforementioned physical quantity exceeded the predetermined allowed value at the 2nd process. And when the aforementioned judgment result is affirmative, the new amount of base lines is calculated, the position of a substrate is controlled by the 3rd process using the calculated amount of base lines, when the aforementioned judgment result is negative, the position of a substrate is controlled using the amount of base lines of the mark detection system for which it asked beforehand, and exposure is performed. Therefore, the physical quantity leading to [ of the amount of base lines of a mark detection system ] change exceeds a predetermined allowed value. When possibility that change of the amount of base lines will exceed an allowed value is high and a position gap of the imprint image of a mask pattern cannot be disregarded Newly calculate the amount of base lines by measurement (or calculation), and position control of the substrate stage under exposure is performed using the newly calculated amount of base lines. The aforementioned physical quantity becomes in a predetermined allowed value, and when change of the amount of base lines becomes in an allowed value and can disregard a position gap of the imprint image of a mask pattern, position control of the substrate stage under exposure can be performed using the amount of base lines calculated beforehand. Therefore, in a position gap of the projection position to the substrate of a mask pattern image, prevention or since re-measurement (or re-calculation) of the amount of base lines is performed only when required while fully being able to suppress, improvement in a throughput is possible.

In the 3rd exposure method concerning this invention, although the physical quantity supervised in the 1st process of the above can consider various physical quantity, the physical quantity may be the thermal-expansion variation of the aforementioned mask, for example. In this case, the thermal-expansion variation of the mask may be presumed based on the measurement result of the temperature distribution of the aforementioned mask.

In the 3rd exposure method concerning this invention, the physical quantity supervised in the 1st process of the above may be the image formation property of the aforementioned projection optical system.

In the 3rd exposure method concerning this invention, when the aforementioned projection optical system is the optical system containing a mirror, the physical quantity supervised in the 1st process of the above may be the deformation of the aforementioned mirror.

this invention is the manufacture method of the aligner which imprints the pattern of a mask on a substrate, considering the 6th viewpoint. On the aforementioned mask, the lighting light for exposure The illumination system to irradiate The aforementioned lighting light for exposure by which outgoing radiation was carried out to the process to offer from the; aforementioned mask The projection optical system projected on the aforementioned substrate The projection scale factor of a process and the; aforementioned projection optical system to offer The imprint of a up to [ the aforementioned substrate of the process which offers the scale-factor change equipment to change, the process which offers the substrate stage holding the; aforementioned substrate, the process which offers the mark detection system which detects the mark which exists on the; aforementioned substrate stage, and the; aforementioned mask pattern ] is faced. When a scale factor is changed by the aforementioned scale-factor change equipment, it is the manufacture method of an aligner including the process which offers an amendment compensator for a projection position gap of the aforementioned mask pattern using the amount of base lines of the aforementioned mark detection system corresponding to after the scale-factor change.

According to this, the aligner of this invention can be manufactured by adjusting combining mechanically, optically, and electrically an illumination system, a projection optical system, scale-factor change equipment, a substrate stage, a compensator, and other various parts. In this case, the quiescence exposure type aligner of a step-and-repeat method etc. can be manufactured.

By the manufacture method of the aligner concerning this invention, the process which offers the driving gear which carries out the synchronized drive of the process and the; aforementioned mask stage which offer the mask stage holding the aforementioned mask, and the aforementioned substrate stage in the 1st direction which intersects perpendicularly in the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system can be included further. In this case, the scanned type aligner of step - which can amend an image distortion property, - scanning method, etc. can be manufactured by change adjustment of the relative scan speed of a mask stage and a substrate stage, and the angle of a relative scanning direction.

Moreover, in a lithography process, by exposing using the exposure method of this invention, on a substrate, the pattern of two or more layers can be piled up, it can form with a sufficient precision, a micro device with a degree of integration high thereby more can be manufactured with the sufficient yield, and the productivity can be raised. Similarly, by exposing in a lithography process using the aligner of this invention, on a substrate, the pattern of two or more layers can be piled up, it can form with a sufficient precision, a thereby more highly-integrated micro device can be manufactured with the sufficient yield, and the productivity can be raised. Therefore, it can be said that this invention is the device manufacture method of using the exposure method of this invention, or the lithography system of this invention, considering another viewpoint, and is the device manufactured by this manufacture method.

best form << for inventing -- operation form [ of \*\* a 1st ]>>

Hereafter, the 1st operation form of this invention is explained based on drawing 1 - drawing 12 .

The whole aligner 10 composition concerning the 1st operation form is roughly shown in drawing 1 .

This aligner 10 is a projection aligner which performs exposure operation according to a step and a scanning method, using the light (EUV light) of a soft X ray field with a wavelength of 5-15nm as a lighting light EL for exposure. Since the projection optical system PO which projects perpendicularly on Wafer W the reflected light bunch from the reticle R as a mask is used with this operation form so that it may mention later, it sets below. While calling the projection direction of the lighting light EL to Wafer W direction of an optical axis of a projection optical system PO from this projection optical system PO, the direction which intersects perpendicularly the longitudinal direction in the space in drawing 1 with Y



shaft orientations and space shall be explained as X shaft orientations in the field which intersects perpendicularly this direction of an optical axis with Z shaft orientations and this.

This aligner 10 projecting some images of the circuit pattern drawn by the reflected type reticle R as a mask on the wafer W as a substrate through a projection optical system PO By carrying out the relative scan of Reticle R and the wafer W in the direction (here Y shaft orientations) of one dimension to a projection optical system PO, the whole circuit pattern of Reticle R is imprinted by the step and the scanning method to each of two or more shot fields on Wafer W.

An aligner 10 The light equipment 12 which injects the EUV light EL horizontally along the direction of Y, and the EUV light EL from this light equipment 12 are reflected. The clinch mirror M bent so that incidence may be carried out to the pattern side (undersurface in drawing 1 ) of Reticle R with the predetermined incident angle theta (theta is taken as about 50 mrad(s) here) (some lighting optical system) The reticle stage RST as a mask stage holding Reticle R, The projection optical system PO which consists of the catoptric system which projects perpendicularly the EUV light EL reflected in respect of the pattern of Reticle R to the exposed field of Wafer W, It has the alignment optical system ALG as the wafer stage WST, a focal sensor (14a, 14b), and a mark detection system etc. as a substrate stage holding Wafer W.

The aforementioned light equipment 12 consists of the laser plasma light source 16 and some lighting optical system (PRM, IM30), as shown in drawing 2 . The light source 16 is equipped with the high power laser 20, such as an YAG laser by semiconductor laser excitation, and an excimer laser, the condenser lens 22 which condenses laser beam L from this high power laser 20 at a predetermined condensing point, and the EUV light generating matter 24, such as a copper tape arranged at this condensing point.

If the EUV light generating matter 24 with which laser beam L from the high power laser 20 will have been arranged at the condensing point of a condenser lens 22 if the structure of generating of EUV light was explained briefly irradiates, in case this EUV light generating matter 24 will become an elevated temperature with the energy of a laser beam, it will be excited by the plasma state and it will change in the low potential state here, the EUV light EL is emitted.

Thus, since the generated EUV light EL emits to an omnidirection, it is the purpose which condenses this and the parabolic mirror PRM is formed in light equipment 12, it is condensed by this parabolic mirror PRM and it is changed into the parallel flux of light by the EUV light EL. The EUV light reflex layer for reflecting EUV light is formed in the internal surface of this parabolic mirror PRM, and the cooling system 26 is attached in the rear face. Although the thing using a coolant object as a cooling system 26 is desirable from the point of cooling efficiency, it is not limited to this. As for the material of a parabolic mirror PRM, the metal is suitable from the point of heat conduction. Reflecting only the light of specific wavelength is known by using the multilayer which carried out the laminating of two kinds of matter by turns as an EUV light reflex layer currently formed in the front face of a parabolic mirror PRM. For example, if Molybdenum Mo and dozens of layers silicon Si are coated, alternative reflection of the EUV light with a wavelength of about 13.4nm will be carried out, and reflecting EUV light with a wavelength of about 11.5nm is known for molybdenum and beryllium. In order for the light of the wavelength which is not reflected to be absorbed by the multilayer etc. and to change to heat, the temperature of a parabolic mirror PRM rises. In order to cool this parabolic mirror PRM, the aforementioned cooling system 26 is needed. The EUV light EL changed into parallel light by the parabolic mirror PRM has a circular cross-section configuration perpendicular to the optical axis, and intensity distribution are a uniform parallel light.

In light equipment 12, the wavelength-selection aperture 30 formed of the beryllium arranged at the travelling-direction back side (space right-hand side in drawing 2 ) of the EUV light EL of the lighting mirror IM which reflects the EUV light EL changed into the further above-mentioned parallel light, and is deflected towards the direction of the clinch mirror M of drawing 1 , and this lighting mirror IM is formed. As the lighting mirror IM is shown in drawing 2 , the near field where the EUV light EL is irradiated is made into a curved surface. in the front face of the curved surface The reflecting layer which consists of the multilayer which carried out the laminating (for example, molybdenum Mo and



dozens of layers silicon Si are coated) of two kinds of matter chosen according to the wavelength by turns is formed, and it is designed so that the EUV light reflected by this reflecting layer may become the shape of an exactly long and slender slit on Reticle R.

It corresponds in the direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of a circular lighting field (lighting field of a configuration which took out a part of ring-like lighting field) which has the predetermined area which illuminates the pattern side of Reticle R which the vertical direction in space of drawing 2 mentions later, and which is mentioned later, and the pattern side of Reticle R is a focal plane exactly. In this case, since the source of luminescence of the EUV light EL has a limited size, although the pattern side of Reticle R is a focal plane, on the focal plane, the EUV light EL has width of face of 1 to about 10mm. Therefore, although a circular lighting field is illuminated, it is not too said that it is thin. The cooling system 26 mentioned above and the same cooling system 28 are formed in the rear-face side of the reflector of the lighting mirror IM.

The aforementioned wavelength-selection aperture 30 is formed here in order to cut the light. The EUV reflective film with which this consists of a multilayer has quite sharp wavelength-selection nature to the wavelength of the EUV light neighborhood, and although only the specific wavelength used for exposure is reflected alternatively, the light, ultraviolet radiation, etc. will be reflected similarly. If this is led to Reticle R and a projection optical system PO, the mirror (about these, it mentions later) which constitutes Reticle R and a projection optical system PO for excessive energy tends to generate heat, or when the worst, for a certain reason, a possibility of an unnecessary light being imprinted and causing degradation of an image on Wafer W also tends to prevent generating of this situation.

The state where the light equipment 12 shown in drawing 2 was seen from the direction unilateral (left-hand side in drawing 2) of Y is shown in drawing 3. In this drawing 3, the clinch mirror M of drawing 1 is in the back side of space. Although the reflector of the lighting mirror IM does not appear in drawing 3, when it sees from the space back side of drawing 3, it is carrying out the shape of a rectangle. That is, at drawing 2, by drawing 3 which is a concave curved surface and this left lateral view, since it is a rectangle, the reflector of the lighting mirror IM will carry out the same configuration as a part of cylindrical inner skin. In this case, within the space of drawing 3, although it converges within the space of drawing 2, since the EUV light EL is still parallel light, it serves as the length of the longitudinal direction of the circular lighting field which the length of the longitudinal direction in drawing 3 mentions later. In addition, as parallel but above-mentioned, since the size of the light source is limited, a spatial coherency does not necessarily call it zero.

Although illustration is omitted in drawing 1, as shown in drawing 4 in fact, the aforementioned reticle stage RST is arranged on the reticle-stage base 32 arranged along with XY flat surface, and surfacing support is carried out by the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 34 on this reticle-stage base 32. While driving this reticle stage RST by predetermined stroke in the direction of Y by the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 34, the minute amount drive of it is carried out also in the direction of X, and the direction (hand of cut of the circumference of the Z-axis) of theta. Moreover, this reticle stage RST is constituted that only a minute amount can be driven by the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 34 also in the Z direction and the inclination direction to XY side.

The permanent magnet (illustration abbreviation) is prepared, the aforementioned magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 34 is constituted by this permanent magnet and coil 34a spread around in the XY two-dimensional direction on the reticle-stage base 32, and the position and attitude control of the direction of six dimension of a reticle stage RST are performed at the bottom of the periphery of a reticle stage RST by controlling the current passed to coil 34a by the main control unit 80 mentioned later.

The reticle stage RST is equipped with the stage main part 35 holding the periphery of the reticle holder RH which counters the reticle-stage base 32 and holds Reticle R, and a reticle holder RH, and the temperature-control section 36 for being prepared in the tooth-back side (upper surface side) of a reticle holder RH inside the stage main part 35, and controlling the temperature of this reticle holder RH so that it may expand to drawing 4 and may be shown. The reticle holder of an electrostatic chuck formula is

used as the aforementioned reticle holder RH. It is because the aligner 10 of this operation form is held in the non-illustrated vacuum chamber in fact and the reticle holder of a vacuum-chuck formula cannot be used from the relation for which this uses the EUV light EL as a lighting light for exposure for this reason. The material of a reticle holder RH does not interfere by the object currently used by the conventional DUV aligners, such as a low thermal expansion glass and a ceramic.

Two or more temperature sensors 38 are arranged at intervals of predetermined, the temperature of Reticle R is correctly measured by these temperature sensors 38, and a temperature control which maintains the temperature of Reticle R at predetermined target temperature in the temperature-control section 36 based on this measurement temperature is carried out to the reticle adsorption side of a reticle holder RH. The liquid cooling of the form which draws a coolant object through a flexible tube as a cooling system which constitutes this temperature-control section 36 from the outside, the method using an electronic device like the Peltier element, the method using heat exchangers, such as a heat pipe, etc. are further employable.

Mirror-plane processing is given to the side of the direction unilateral of Y of a reticle stage RST, and reflector 40a to the light of a visible region is formed in it. Although illustration is omitted in drawing 4, as shown in drawing 6, mirror-plane processing is also given to the side of the direction unilateral of X of a reticle stage RST, and reflector 40b to the light of a visible region is formed. And in this aligner 10, the position within XY side of a reticle stage RST is managed like the aligner of the conventional DUV light source by the interferometer systems which irradiate a measurement beam at the aforementioned reflectors 40a and 40b. These interferometer systems are explained in full detail behind.

The reflective film which reflects EUV light is formed in the front face (pattern side) of Reticle R. This reflective film is a multilayer to which the laminating of two kinds of matter was carried out by turns. Here, the reflective film of about 70% of reflection factors is formed to EUV light with a wavelength of about 13nm using the multilayer of Molybdenum Mo and Silicon Si. Patterning of the matter which absorbs EUV light on this reflective film is applied and carried out to the whole surface. Since redo will become possible to the restoration when failing when patterning of a reflective body like a multilayer was carried out being impossible if it is the method of preparing and carrying out patterning of the absorption layer (absorption film), pattern restoration is attained. Since the matter of most which exists really does not reflect EUV light, it can use for an absorption layer. With this operation form, since a laser interferometer (RIFZ1-RIFZ3) is used in order to measure the Z direction position of Reticle R so that it may mention later, the absorption layer is formed with matter with which a reflection factor of the same grade as the aforementioned reflecting layer (reflective film) is obtained to the measurement beam (light of a visible region) from these laser interferometers. In addition, it is mentioned that secular change according to the adhesion to a reflecting layer, oxidization, etc. in the ease of carrying out of patterning are small as criteria of selection of this absorption layer formation material etc.

An example of Reticle R is shown in drawing 5. The field of the rectangle which exists in the center in drawing is pattern space PA. It is the circular lighting field IA where the EUV light EL whose circular field where the slash was given is the lighting light for exposure is irradiated. Here, because many aberration of a projection optical system PO mentioned later can use only the smallest field, it exposes using a circular lighting field. Moreover, the reticle alignment marks RM1-RM6 as an alignment mark are formed in the direction both ends of X of pattern space PA of Reticle R at intervals of predetermined along the direction of Y. The reticle alignment mark RM 1, RM4 and RM2, and RM5, RM3 and RM6 are arranged along about X directions, respectively.

When using the circular lighting field IA so that clearly from drawing 5, since it is not realistic to perform package exposure (quiescence exposure), as it mentions later, scanning exposure is performed with this operation form.

Since a reflecting layer is formed in the front face as mentioned above, especially the material of the reticle R itself does not ask Reticle R. As a material of Reticle R, a low thermal expansion glass, quartz glass (for example, zero DEYUA (tradename) of a shot company, ULE (tradename) of Corning, Inc., etc. are included), ceramics, a silicon wafer, etc. can be considered, for example. Using the same material as the material of for example, the reticle holder RH as a material of Reticle R as criteria of

selection of this material is mentioned. Although it originates at the temperature rise by irradiation of the lighting light EL for exposure etc. in this case and thermal expansion arises in Reticle R and a reticle holder RH, since only the same amount will expand if both materials are the same, the merit that the force (thermal stress) made into the method of a gap does not work is among both. The same effect will be acquired if not only this but the matter which had the same coefficient of linear expansion even if it was different matter is used as a material of Reticle R and a reticle holder RH. For example, it is possible to use a silicon wafer for Reticle R and to use SiC (silicon carbide) for a reticle holder RH. When a silicon wafer is used as a material of Reticle R, there is also an advantage said that process equipments, such as pattern drawing equipment, and a resist coater, an etching system, etc. can use it as it is. With this operation form, the reticle holder is formed by SiC for this reason, using a silicon wafer as a material of Reticle R.

It returns to drawing 1, and under the reticle R (incidence side of EUV light), the working blind 42 and the slit board 44 as a field diaphragm approach Reticle R, and are arranged. More specifically, in fact, these working blind 42 and the slit board 44 are arranged inside the reticle-stage base 32, as shown in drawing 4.

Although it is easy to be natural [ the slit board 44 ] even if it specifies the circular lighting field IA and is fixed to the projection optical system PO, in this operation form, this slit board 44 is constituted possible [ a drive ] by the drive 46 as a change mechanism containing a motor etc. The plan of this slit board 44 and its drive 46 is shown in drawing 7. 1st slit 44a which specifies the circular lighting field IA on the reticle R by which the EUV light EL as a lighting light for exposure is irradiated (the 1st lighting field) to the slit board 44, It has 2nd slit 44b which specifies the 2nd lighting field where the lighting light EL for exposure is irradiated by the alignment mark RM 1 and RM4 (or RM2, and RM5, RM3 and RM6) portion which were formed in the both sides of pattern space PA of Reticle R. The drive 46 is equipped with feed screw 46C connected with the output shaft of motor 46A and this motor through splice 46B, and control-section 46D of the aforementioned motor 46A. Feed screw 46C is screwing in the nut section (illustration abbreviation) which protruded on the space background in drawing 7 of the slit board 44. For this reason, the rotation drive of the feed screw 46C is carried out by rotation of motor 46A, and the slit board 44 drives to the shaft orientations (the direction of Y) of feed screw 46C by this. According to the directions from the main control unit 80 (refer to drawing 10) mentioned later, at the time of exposure, control-section 46D of a drive 46 changes the slit board 44 to the 1st position where the lighting light EL for exposure is irradiated by 1st slit 44a, and changes the slit board 44 to the 2nd position where the lighting light EL for exposure is irradiated by 2nd slit 44b at the time of the alignment (alignment) of Reticle R. In addition, instead of a feed screw mechanism, a linear motor may be used and the slit board 44 may be driven.

It returns to drawing 4 and the aforementioned working blind 42 is for preventing that the redundant circuit portion is contained in the lighting field IA to imprint the redundant circuit pattern drawn in the same reticle R to Wafer W. With this operation form, movement of the direction of Y is controlled by the aforementioned control-section 46D which constitutes a drive 46 synchronizing with movement of the direction of Y of a reticle stage RST according to the directions from the main control unit 80 (refer to drawing 10) mentioned later. In this case, since Reticle R begins to scan starting of the working blind 42, it may be begun like Reticle R to scan it, and it may start a scan from before the scanning start of a reticle. In the case of the latter, acceleration is small, and ends in it. Or the working blind 42 may begin to move according to the pattern which should hide a target approaching.

It returns to drawing 1, and the catoptric system to which the aforementioned projection optical system PO changes only from a reflected light study element (mirror) like the above is used, and the thing 1/4 time the projection scale factor of this is used here. Therefore, it is reflected by Reticle R, and a projection optical system PO contracts to a quadrant, and the EUV light EL including the pattern information drawn on Reticle R is irradiated on Wafer W.

Here, a projection optical system PO is explained more to a detail using drawing 8. As shown in this drawing 8, the projection optical system PO consists of a total (reflected light study element) of four mirrors, the 1st mirror M1 which reflects the EUV light EL reflected by Reticle R one by one, the 2nd

mirror M2, the 3rd mirror M3, and the 4th mirror M4, and a lens-barrel PP holding these mirrors M1-M4. The reflector of the 1st mirror M1 of the above and the 4th mirror M4 has the configuration of the aspheric surface, the reflector of the 2nd mirror M2 is a flat surface, and the reflector of the 3rd mirror M3 serves as a spherical-surface configuration. About 1/50 to 1/60 or less process tolerance of exposure wavelength is realized to a design value, and each reflector has only an error 0.2 to 0.3nm or less at an RMS value (standard deviation). The material of each mirror is a low thermal expansion glass or a metal, and the reflecting layer to EUV light is formed in the front face of the multilayer which piled up two kinds of the same matter as Reticle R by turns.

In this case, as shown in drawing 8, the hole is vacated for the 4th mirror M4 so that the light reflected by the 1st mirror M1 can reach the 2nd mirror M2. The hole is established in the 1st mirror M1 so that the light similarly reflected by the 4th mirror M4 can reach Wafer W. Of course, it is good also as a configuration which does not vacate a hole but has notching which can pass the flux of light for the appearance of a mirror.

Since the environment where the projection optical system PO is placed is also a vacuum, there is no refuge of the heat by irradiation of the lighting light for exposure. Then, with this operation form, while connecting between the lens-barrels PP holding mirrors M1-M4 and the mirrors M1-M4 concerned with a heat pipe HP, the cooling system which cools Lens-barrel PP is prepared. That is, Lens-barrel PP is made into double structure with the cooling jacket 52 equipped by the inside mirror attaching part 50 and its inside periphery section, and the spiral pipe 58 for flowing out of the inflow tube 54 side, and passing the coolant to a tube 56 side is formed in the interior of a cooling jacket 52. Here, cooling water is used as coolant. from a cooling jacket 52 -- flowing out -- a tube 56 -- minding -- an outflow -- the bottom, after performing a heat exchange and being cooled to predetermined temperature between refrigerants within a non-illustrated freezer, cooling water flows in a cooling jacket 52 through the inflow tube 54, is carried out in this way, and cooling water circulates through it

For this reason, in the projection optical system PO of this operation form, even if heat energy is given to mirrors M1, M2, M3, and M4 by irradiation of the lighting light EL for exposure (EUV light), a heat exchange is performed between the lens-barrels PP by which the temperature control was carried out to constant temperature with the heat pipe HP, and mirrors M1, M2, M3, and M4 are cooled by the aforementioned constant temperature. In this case, with this operation form, as shown in drawing 8, since the heat pipe HP is stuck not only on the rear-face side but on the portion by which the lighting light for exposure by the side of a front face (reflector side) is not irradiated, about mirrors M1 and M2 and M4 grade, cooling of each aforementioned mirror is more effectively performed compared with the case where only a rear-face side is cooled. In addition, the heat pipe HP by the side of the rear face of the 3rd mirror M3 and the front face of the 1st mirror M1 cannot be overemphasized by having reached the inner skin of Lens-barrel PP in the depth direction of space. In addition, the appearance of Lens-barrel PP is carrying out the shape of the square pole, as shown in drawing 6.

It returns to drawing 1, and the aforementioned wafer stage WST is arranged on the wafer stage base 60 arranged along with XY flat surface, and surfacing support is carried out by the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 62 on this wafer stage base 60. While driving this wafer stage WST by predetermined stroke in the direction of X, and the direction of Y by the aforementioned magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 62, the minute amount drive of it is carried out also in the direction (hand of cut of the circumference of the Z-axis) of theta. Moreover, this wafer stage WST is constituted that only a minute amount can be driven by the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 62 also in the Z direction and the inclination direction to XY side.

The permanent magnet (illustration abbreviation) is prepared in the base of the wafer stage WST, the aforementioned magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 62 is constituted by this permanent magnet and the coil (illustration abbreviation) spread around in the XY two-dimensional direction on the wafer stage base 60, and the position and attitude control of the direction of six dimension of the wafer stage WST are performed by controlling the current passed in the aforementioned coil with the main control unit 80 mentioned later.

The wafer electrode holder which is not illustrated [ of an electrostatic chuck method ] is laid in the

reference-beam RIFY2R on fixed mirror (reference mirror) 72a (referring to drawing 1 ) attached in the lens-barrel PP of a projection optical system PO, and receiving each reflected light while projecting measurement beam RIFY2M on reflector 40a of a reticle stage RST.

The center of the irradiation position of measurement beam RIFY1M of the two above-mentioned interferometers RIFY1 and RIFY2 and RIFY2M is in agreement with the center (center of the direction of X of Reticle R) of the lighting field IA. Therefore, that by which the average of the measurement value of these two interferometers broke the difference of both measurement values for the direction position of Y of a reticle stage RST at intervals of the interferometer shaft gives the angle of rotation (here, referred to as  $\alpha 1$ ) of a reticle stage RST. The measurement value of these interferometers RIFY1 and RIFY2 is supplied to the main control unit 80, and computes the above-mentioned average and an angle of rotation  $\alpha 1$  in a main control unit 80.

Moreover, an interferometer RIFX1 measures the relative position of the direction of X of the reticle stage RST to fixed mirror 72b in the projection position of measurement beam RIFX1M by projecting reference-beam RIFX1R on fixed mirror (reference mirror) 72b attached in the lens-barrel PP of a projection optical system PO, and receiving each reflected light while projecting measurement beam RIFX1M on reflector 40b of a reticle stage RST.

Similarly, an interferometer RIFX2 measures the relative position of the direction of X of the reticle stage RST to fixed mirror 72b in the projection position of measurement beam RIFX2M by projecting reference-beam RIFX2R on fixed mirror (reference mirror) 72b attached in the lens-barrel PP of a projection optical system PO, and receiving each reflected light while projecting measurement beam RIFX2M on reflector 40b of a reticle stage RST.

The center of the irradiation position of measurement beam RIFX1M of the two above-mentioned interferometers RIFX1 and RIFX2 and RIFX2M is in agreement with the center (point P2 reference in drawing 5 ) of the lighting field IA. Therefore, that by which the average of the measurement value of these two interferometers broke the difference of both measurement values for the direction position of X of a reticle stage RST at intervals of the interferometer shaft gives the angle of rotation (here, referred to as  $\alpha 2$ ) of a reticle stage RST. The measurement value of these interferometers RIFX1 and RIFX2 is supplied to the main control unit 80, and computes the above-mentioned average and an angle of rotation  $\alpha 2$  in a main control unit 80. In this case, in a main control unit 80, either of the above-mentioned angles of rotation  $\alpha 1$  and  $\alpha 2$ , or its average  $(\alpha 1 + \alpha 2)/2$  are computed as an angle of rotation of the direction of theta of a reticle stage RST.

An interferometer WIFY1 measures the relative position of the direction of Y of the wafer stage WST to fixed mirror 76a in the projection position of measurement beam WIFY1M by projecting reference-beam WIFY1R on fixed mirror (reference mirror) 76a attached in the lens-barrel PP of a projection optical system PO, and receiving each reflected light while projecting measurement beam WIFY1M on reflector 74a of the wafer stage WST.

Similarly, an interferometer WIFY2 measures the relative position of the direction of Y of the wafer stage WST to fixed mirror 76a in the projection position of measurement beam WIFY2M by projecting reference-beam WIFY2R on fixed mirror (reference mirror) 76a attached in the lens-barrel PP of a projection optical system PO, and receiving each reflected light while projecting measurement beam WIFY2M on reflector 74a of the wafer stage WST.

The center of the irradiation position of measurement beam WIFY1M of the two above-mentioned interferometers WIFY1 and WIFY2 and WIFY2M is in agreement with the center of the circular exposure field SA on the wafer corresponding to the lighting field IA (refer to drawing 11 ). Therefore, that by which the average of the measurement value of these two interferometers broke the difference of both measurement values for the direction position of Y of the wafer stage WST at intervals of the interferometer shaft gives the angle of rotation (here, referred to as  $\beta 1$ ) of the wafer stage WST. The measurement value of these interferometers WIFY1 and WIFY2 is supplied to the main control unit 80, and computes the above-mentioned average and an angle of rotation  $\beta 1$  in a main control unit 80.

Moreover, an interferometer WIFX1 measures the relative position of the direction of X of the wafer stage WST to fixed mirror 76b in the projection position of measurement beam WIFX1M by projecting

reference-beam WIFX1R on fixed mirror (reference mirror) 76b attached in the lens-barrel PP of a projection optical system PO, and receiving each reflected light while projecting measurement beam WIFX1M on reflector 74b of the wafer stage WST.

Similarly, an interferometer WIFX2 measures the relative position of the direction of X of the wafer stage WST to fixed mirror 76b in the projection position of measurement beam WIFX2M by projecting reference-beam WIFX2R on fixed mirror (reference mirror) 76b attached in the lens-barrel PP of a projection optical system PO, and receiving each reflected light while projecting measurement beam WIFX2M on reflector 74b of the wafer stage WST.

The center of the irradiation position of measurement beam WIFX1M of the two above-mentioned interferometers WIFX1 and WIFX2 and WIFX2M is in agreement with the center of the exposure field SA corresponding to the lighting field IA. Therefore, that by which the average of the measurement value of these two interferometers broke the difference of both measurement values for the direction position of X of the wafer stage WST at intervals of the interferometer shaft gives the angle of rotation (here, referred to as  $\beta_2$ ) of the wafer stage WST. The measurement value of these interferometers WIFX1 and WIFX2 is supplied to the main control unit 80, and computes the above-mentioned average and an angle of rotation  $\beta_2$  in a main control unit 80. In this case, in a main control unit 80, either of the above-mentioned angles of rotation  $\beta_1$  and  $\beta_2$ , or its average  $(\beta_1 + \beta_2)/2$  are computed as an angle of rotation of the direction of  $\theta$  of the wafer stage WST.

Furthermore, with this operation gestalt, although illustration is omitted, the pitching interferometer and rolling interferometer which measure pitching of a reticle stage RST and the wafer stage WST and rolling are formed, respectively, and pitching and rolling of the wafer stage WST and a reticle stage RST are computed by the main control unit 80 based on the measurement value of these interferometers.

It returns to drawing 1 and laser interferometer RIFZ for reticle side measurement which measures the position of the Z direction of Reticle R is prepared in the lens-barrel PP of a projection optical system PO used as the criteria of all measurement of the eight above-mentioned interferometers. Although three of laser interferometers RIFZ1, RIFZ2, and RIFZ3 are arranged at intervals of predetermined and they are being fixed to Lens-barrel PP as this laser interferometer RIFZ is shown in drawing 6 in fact, these are typically shown by drawing 1 (and drawing 4) as laser interferometer RIFZ.

The measurement beam from these laser interferometers RIFZ1-RIFZ3 The irradiation field of the lighting light EL for exposure on which it is projected with the predetermined incident angle  $\theta$  through the clinch mirror M in the pattern side of Reticle R, That is, it is projected by three points from which it differs in the circular lighting field IA in the pattern side of Reticle R through the incident-light way of the lighting light EL for exposure, and the optical path of the Z direction of the center of an outgoing radiation optical path (reflected light way) (refer to drawing 1 and drawing 4). For this reason, the laser interferometers RIFZ1, RIFZ2, and RIFZ3 Without affecting the lighting light EL for exposure which carries out incidence to the pattern side of Reticle R from across with the predetermined incident angle  $\theta$ , and is reflected in it on the same outgoing radiation square as an incident angle And it is possible to measure the Z direction position of Reticle R with high degree of accuracy (for example, precision of several nm - 1nm or less), without an interferometric measurement beam having influence done by the lighting light EL for exposure.

As laser interferometers RIFZ1-RIFZ3, the thing of the type with a built-in reference mirror with which the non-illustrated reference mirror was built in in the main part is used, and the Z direction position of the irradiation position of the measurement beam on Reticle R is measured on the basis of the position of the reference mirror here, respectively. In this case, it is projected on the measurement beam from a laser interferometer RIFZ1 in the position of the point P1 in the lighting field IA shown in drawing 5, is projected on the measurement beam from a laser interferometer RIFZ2 in the position of a point P2, and is projected on the measurement beam from a laser interferometer RIFZ3 in the position of a point P3. A point P2 is a point on the medial axis of the center of X of the lighting field IA, i.e., the direction of pattern space PA, and is the central point of the direction of Y of the lighting field IA, and points P1 and P3 have it in a symmetrical position about the aforementioned medial axis.

the measurement value of these three laser interferometers RIFZ1-RIFZ3 is inputted into a main control

unit 80 -- having -- coming -- \*\*\*\* (refer to drawing 10) -- a main control unit 80 -- these three measurement values -- being based -- mentioning later -- making -- the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 34 -- minding -- Z position and the inclination (pitching, rolling) of a reticle stage RST R, i.e., a reticle, -- an amendment -- it is like

In addition, since the pitching interferometer and rolling interferometer which measure pitching and the rolling of a reticle stage RST other than laser interferometer RIFZ for reticle side measurement like the above-mentioned are formed with this operation gestalt In order to control more pitching of Reticle R (reticle stage RST), and rolling to high degree of accuracy It is good as for a method of an amendment in a part for the error (this is small to the grade which can be disregarded) which originates in the irregularity of a reticle pattern side based on the measurement value of the measurement value of laser interferometers RIFZ1-RIFZ3, the above-mentioned pitching interferometer, and a rolling interferometer in a main control unit 80.

This Z direction position of the wafer W on the basis of Lens-barrel PP on the other hand is measured by the focal sensor 14 of the oblique incidence light type fixed to the projection optical system PO. As shown in drawing 1, it is fixed to the column which is not illustrated holding Lens-barrel PP, and it is fixed to a non-illustrated column as well as light transmission system 14a which irradiates the detection beam FB from across to the Wth page of a wafer, and this focal sensor 14 consists of light-receiving system 14b which receives the detection beam FB reflected with the Wth page of a wafer. The multipoint focal position detection system indicated as this focal sensor by JP,6-283403,A, U.S. Pat. No. 5,448,332 corresponding to this, etc., for example is used. As long as the domestic statute of the appointed country which specified by this international application, or the selected selection country allows, the indication in the above-mentioned official report and the U.S. patent is used for, and it carries out to a part of publication of this specification. It is important for this focal sensor 14 (14a, 14b) to be fixed in one with Lens-barrel PP.

So that clearly from old explanation with this operation gestalt Since the position of the 3-dimensional XYZ direction of Reticle R is measured on the basis of the lens-barrel PP of a projection optical system PO and the position of the 3-dimensional XYZ direction of Wafer W is measured on the basis of the lens-barrel PP of a projection optical system PO There is no need that three persons of a projection optical system PO, a reticle stage RST, and the wafer stage WST support by the same supporter material, and even if each supports by separate supporter material, it does not interfere. That is, among 3 persons of a projection optical system PO, a reticle stage RST, and the wafer stage WST, at all, even if there is no mechanical contact, it does not interfere. Moreover, since the main part of each interferometer which constitutes the interferometer systems 70 mentioned above is also measuring with reference to each fixed mirror attached in Lens-barrel PP, a projection optical system PO, a reticle stage RST, the wafer stage WST, and mechanical contact do not have the need.

Furthermore, with this operation form, as shown in drawing 1, the aforementioned alignment optical system ALG is being fixed to the side of a projection optical system PO. Various things, such as an image formation formula alignment sensor which irradiates broadband light at the alignment mark on Wafer W (or the space image measuring instrument FM), receives the reflected light as this alignment optical system ALG, and performs mark detection with an image-processing method, an alignment sensor of the LIA (Laser Interferometric Alignment) method which irradiates a laser beam at a grid mark and detects the diffracted light, and a scanned type probe microscope like AFM (atomic force microscope), can be used. Here, the image formation formula alignment sensor of the image-processing method with which the focal detection system was incorporated shall be used as alignment optical system ALG. The image formation formula alignment sensor by which this focal detection system was incorporated is indicated by JP,7-321030,A, U.S. Pat. No. 5,721,605 corresponding to this, etc. As long as the domestic statute of the appointed country which specified by this international application, or the selected selection country allows, the indication in the above-mentioned official report and the U.S. patent is used for, and it carries out to a part of publication of this specification.

The composition of the control system relevant to the position and attitude control of Wafer W (wafer stage WST) and Reticle R (reticle stage WST) which were explained by every place until now is roughly



upper surface of the wafer stage WST, and adsorption maintenance of the wafer W is carried out by this wafer electrode holder. Moreover, mirror-plane processing is given to the side of a side besides the direction of Y in drawing 1 of this wafer stage WST, and reflector 74a to the light of a visible region is formed in it. Moreover, although illustration is omitted in drawing 1, as shown in drawing 6, mirror-plane processing is also given to the side of the direction unilateral of X of the wafer stage WST, and reflector 74b to the light of a visible region is formed. And in this aligner 10, the position to a projection optical system PO is correctly measured by the interferometer systems which irradiate a measurement beam at the aforementioned reflectors 74a and 74b. About these interferometer systems, it mentions later.

The space image measuring instrument FM as a position detection system for performing measurement (the so-called base-line measurement) of the alignment optical system ALG the position where the pattern drawn by Reticle R is projected on the Wth page of a wafer, and relative-position-related etc. is formed in the end section on the upper surface of wafer stage WST (refer to drawing 1). This space image measuring instrument FM is equivalent to the reference-mark board of the conventional DUV aligner.

The plan of this space image measuring instrument FM and drawing of longitudinal section are shown in drawing 9 (A) and (B), respectively. As shown in these drawings, the slits SLT1 and SLT2 as opening are formed in the upper surface of the space image measuring instrument FM. Patterning of these slits SLT1 and SLT2 is carried out to the reflecting layer 64 of the EUV light formed in the front face of the fluorescence generating matter 63 of the predetermined thickness fixed to the upper surface of the wafer stage WST. In addition, it may replace with a reflecting layer 64, an EUV absorption-of-light layer may be prepared, and opening may be formed in this absorption layer.

Openings 66a and 66b are formed in the upper surface board of the wafer stage WST of the lower part of the aforementioned slits SLT1 and SLT2, respectively, and the optoelectric transducers PM, such as a photomultiplier, are arranged, respectively inside the wafer stage WST which counters these openings 66a and 66b. Therefore, if the EUV light EL is irradiated by the space image measuring instrument FM from the upper part through a projection optical system PO, the EUV light which penetrated slits SLT1 and SLT2 will reach the fluorescence generating matter 63, and this fluorescence generating matter 63 will emit light with long wavelength compared with EUV light. Light is received by the optoelectric transducer PM and this light is changed into the electrical signal according to the luminous intensity.

The output signal of this optoelectric transducer PM is also supplied to a main control unit 80. The physical relationship of slits SLT1 and SLT2 is a relation corresponding to physical relationship with the reticle alignment marks RM1 and RM4 (RM2, RM5, or RM3 and RM6) arranged along the direction of X on Reticle R mostly, and has come to be able to carry out simultaneous measurement of the reticle alignment marks RM1 and RM4 through slits SLT1 and SLT2 here in the case of the reticle alignment mentioned later.

Next, the composition of the interferometer systems 70 (refer to drawing 10) which measure the position of a reticle stage RST and the wafer stage WST etc. is explained in full detail using drawing 6. In addition, in drawing 6, the laser interferometer which corresponds using the length measurement shaft of each laser interferometer is shown typically.

These interferometer systems 70 are constituted including four laser interferometers RIFX1, RIFX2, RIFY1, and RIFY2 which measure the position within XY side of a reticle stage RST, and four laser interferometers WIFX1, WIFX2, WIFY1, and WIFY2 which measure the position within XY side of the wafer stage WST.

An interferometer RIFY1 measures the relative position of the direction of Y of the reticle stage RST to fixed mirror 72a in the projection position of measurement beam RIFY1M by projecting reference-beam RIFY1R on fixed mirror (reference mirror) 72a (referring to drawing 1) attached in the lens-barrel PP of a projection optical system PO, and receiving each reflected light while projecting measurement beam RIFY1M on reflector 40a of a reticle stage RST.

Similarly, an interferometer RIFY2 measures the relative position of the direction of Y of the reticle stage RST to fixed mirror 72a in the projection position of measurement beam RIFY2M by projecting



shown to drawing 10 by the block diagram. Among the control systems shown in this drawing 10, a main control unit 80 is constituted by the microcomputer (or workstation), and the memory (RAM) 81 as storage is built in. The driving gear is constituted from this operation form by a main control unit 80 and the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuators 34 and 62.

Next, operation of the exposure process after the 2nd layer (second layer) by the aligner 10 concerning the operation form of \*\*\*\* 1 constituted as mentioned above is explained.

First, Reticle R is conveyed by the non-illustrated reticle conveyance system, and adsorption maintenance is carried out at the reticle holder RH of the reticle stage RST in a loading position.

Moreover, Wafer W is laid on the wafer stage WST according to the wafer delivery mechanism in which it does not illustrate on a non-illustrated wafer conveyance system and the wafer stage WST. By completion of such a preparatory work, the sequence shown with the flow chart of drawing 12 starts.

<Step 100> With a main control unit 80, position detection of the wafer alignment mark (one shot one piece or plurality) used as the sample object beforehand defined of the wafer alignment marks attached to each shot field of the wafer W on the wafer stage WST is first performed using the alignment optical system ALG, moving the wafer stage WST one by one. Z position of a wafer W front face is controlled by the main control unit 80 in the focal position of the alignment optical system ALG in the case of detection of this mark position. And an end of position detection of the wafer alignment mark of a sample shot searches for the array coordinate of all the shot fields on Wafer W in a main control unit 80 using the statistical technique using the least-squares method indicated by JP,61-44429,A, U.S. Pat. No. 4,780,617 corresponding to this, etc., using those data (this alignment technique is hereafter called "EGA (en hunger strike global alignment)"). or in a main control unit 80 The least-squares method indicated by JP,6-275496,A, the U.S. patent application No. (filing date of application : December 8, 1995) 569,400 corresponding to this, etc., using the position detection data of two or more wafer alignment marks in the above-mentioned shot The deformation which contains the array coordinate of all the shot fields on Wafer W and the scale factor of each shot using the used statistical technique is calculated (this alignment technique is hereafter called "multipoint EGA in a shot"). As long as the domestic statute of the appointed country which specified by this international application, or the selected selection country allows, the above-mentioned U.S. patent corresponding to each above-mentioned official report and these and the indication in the above-mentioned U.S. patent application are used for, and it carries out to a part of publication of this specification.

<Step 102> Thus, after alignment measurement is completed It is based on the shot interval which the result of the above-mentioned EGA shows, or the shot size which the result of the above-mentioned multipoint EGA in a shot shows. The controlled variable of the projection scale factor for calculating scale-factor change (X, Y scaling) of a shot, and making correctly the size of the direction of X of the image of a reticle pattern (the 2nd direction) in agreement with the size of the shot field on Wafer W according to the scale-factor variation, That is, the amount of Z direction drives of Reticle R is computed, and only the amount which carried out [ aforementioned ] calculation drives Reticle R to a Z direction (the vertical direction) through the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 34. For example, when expanding by 10 ppm from a predetermined scale factor, Reticle R is driven in the direction which separates only 40 micrometers from a projection optical system PO.

<Step 104> By Z drive of the above-mentioned reticle R, since change of a projection scale factor and a position gap of the projection field of a reticle pattern image arise, with a main control unit 80, base-line measurement and measurement of a projection scale factor are performed as follows at this step 104. In a main control unit 80, the lighting light EL for exposure changes the slit board 44 to the position (the 2nd position) which can irradiate 2nd slit 44b through a drive 46. Subsequently, the position of the wafer stage WST and a reticle stage RST is controlled by the main control unit 80 through the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuators 62 and 34. While irradiating the reticle alignment marks RM1, RM4, RM2, RM5, RM3, and RM6 drawn on Reticle R with the lighting light EL for two each exposure one by one It asks for the projection position to the Wth page top of the wafer of a reticle pattern image by detecting the projection image to the Wth page top of the wafer of the reticle alignment marks RM1, RM4, RM2, RM5, RM3, and RM6 respectively through the slits SLT1 and SLT2 of the

space image measuring instrument FM. That is, reticle alignment is performed. In case the aforementioned projection image is detected using the space image measuring instrument FM for this reticle alignment, the offset corresponding to the amount of Z drives of Reticle R is given to the focal sensor 14, and a space image measuring instrument FM front face is controlled by the main control unit 80 in the focal position of a projection optical system PO so that dotage does not arise in the image obtained by Z drive of Reticle R with the space image measuring instrument FM. Specifically, with a main control unit 80, when Reticle R is driven in the direction which separates only 40 micrometers from a projection optical system PO, since a projection scale factor is  $1/4$ ,  $40 \times 1 / 16 = 2.5$ -micrometer offset is given to the focal sensor 14, feedback control of the Z position of the wafer stage WST is carried out through the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 62 based on the output of this focal sensor 14, and only 2.5 micrometers of wafers W are brought close to a projection optical system PO.

Next, in a main control unit 80, while moving through the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 62 on the wafer stage WST so that the slits SLT1 or SLT2 of the space image measuring instrument FM may be located directly under the alignment optical system ALG, Z position of a space image measuring instrument FM front face is adjusted to the focal position of the alignment optical system ALG. And in a main control unit 80, based on the measurement value of the detecting signal of the alignment optical system ALG, and the interferometer systems 70 at that time, it asks for the projection position to the Wth page top of the wafer of the pattern image of Reticle R and the relative position of base lines of the alignment optical system ALG, i.e., the amount, indirectly, and the result of an operation is memorized in memory 81. In addition, you may calculate the amount of base lines by forming another reference mark in the middle position of the slits SLT1 and SLT2 of the space image measuring instrument FM exactly, and detecting this reference mark with the alignment optical system ALG. In this case, based on the detection result of the alignment optical system ALG, and the design value of the amount of base lines, the amount of base lines can be calculated mostly at accuracy. Moreover, in this step 104, it asks for a projection scale factor with a main control unit 80 based on the interval of the projection image to the Wth page top of the wafer of the reticle alignment marks RM1 and RM4 (RM2, RM5, or RM3 and RM6) arranged by non-scanning-direction \*\*\*\* on the reticle R detected respectively through the slits SLT1 and SLT2 of the space image measuring instrument FM on the occasion of the above-mentioned reticle alignment.

<Step 106> In this step 106, it judges whether the adjustment residuum of a projection scale factor has become below the allowed value (for example, 0.2 ppm) to 10 ppm in the target amount of scale-factor adjustments, and the upper example based on the result of scale-factor measurement of the above-mentioned step 104 with a main control unit 80. and . When the judgment in this step 106 is denied (i.e., when the adjustment residuum of a projection scale factor is over the allowed value), in order to reconfigure a projection scale factor, after returning to Step 102 and driving Reticle R to a Z direction again, with a main control unit 80, above-mentioned processing and judgment are repeated. On the other hand, in a main control unit 80, if the adjustment residuum of a projection scale factor has become below the allowed value when the judgment in Step 106 is affirmed namely, after changing the slit board 44 to the position (the 1st position) where the lighting light EL for exposure is irradiated by 1st slit 44a through a drive 46, it will shift to the following step 108.

<Step 108> In this step 108, exposure of a step and a scanning method is performed as follows with a main control unit 80, using EUV light as a lighting light EL for exposure. That is, in a main control unit 80, while positioning the wafer stage WST to the scanning starting position of the 1st shot through the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 62, carrying out the monitor of the positional information from interferometer systems 70 according to the positional information of each shot field on the wafer W for which it asked in the top, a reticle stage RST is positioned to a scanning starting position through the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 34, and the 1st-shot scanning exposure is performed. On the occasion of this scanning exposure, the speed of both stages is controlled by the main control unit 80 so that the velocity ratio of a reticle stage RST and the wafer stage WST is correctly in agreement with the projection scale factor of a projection optical system PO through

the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuators 34 and 62, and it exposes in the state of the uniform synchronization of the velocity ratio which both stages require (imprint of a reticle pattern). Although Reticle R moves up and down during a scan, it acts as the monitor of it with Interferometer RIFZ, Z position of Reticle R and an inclination are maintained by the initial valve position, namely, movement of a reticle stage RST is controlled so that the residuum of a scale factor is maintained below at an allowed value. Thereby, the projection scale factor of the reticle pattern image of the scanning direction under this scanning exposure (the 1st direction) is controlled. In this way, an end of the 1st-shot scanning exposure performs stepping operation between the shots which move the wafer stage WST to the scanning starting position of the 2nd shot. And the 2nd-shot scanning exposure is performed like \*\*\*\*. In this case, the 1st shot and the direction of scanning exposure with the 2nd shot are reverse sense, namely, when the 1st-shot exposure is performed with the sense of the side else from the unilateral on a Y-axis, the 2nd-shot exposure is performed with the sense of an unilateral from the side else for operation which returns a reticle stage RST to be omitted and aim at improvement in a throughput. That is, a mutual scan is performed. Thus, stepping operation between shots and scanning exposure operation of a shot are repeated, and the pattern of Reticle R is imprinted by the step and the scanning method by all the shot fields on Wafer W. Signs that a reticle pattern is imprinted by two or more shot field S on Wafer W are shown in drawing 11. In the case of drawing 11, the shots per hour stored in a party is suitably made into even number and odd number so that the shot of an efficient perfect form may be obtained from one wafer.

A series of down stream processing to one wafer W according to an aligner 10 as mentioned above is completed.

In the above-mentioned scanning exposure and alignment, the inclination to a wafer W front face, and the interval of a projection optical system PO and XY flat surface is measured by the focal sensor (14a, 14b) attached in the projection optical system PO in one, and the wafer stage WST is controlled so that the interval of a wafer W front face and a projection optical system PO and parallelism always become fixed through the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 62 with a main control unit 80. However, during scanning exposure, Z position desired value of a wafer W front face is set up in the focal position of a projection optical system PO, and is set up into alignment in the focal position of the alignment optical system ALG again.

Moreover, in a main control unit 80, it is based on the predetermined positional information for adjustment measured by at least one of the laser interferometers RIFZ1, RIFZ2, and RIFZ3 for reticle side measurement. So that the interval of the projection optical system PO under exposure (under the imprint of a reticle pattern) and the pattern side of Reticle R may always be kept constant In accordance with Y shaft orientations, the synchronized drive of a reticle stage RST and the substrate stage WST is carried out, controlling the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 34, and adjusting the position of the direction of an optical axis of the projection optical system PO of Reticle R (Z direction). In a main control unit 80, at the time of the synchronized drive of a reticle stage RST and the wafer stage WST, in this case, by every move direction of a reticle stage RST, the 1st shot, and the 2nd shot By at least one of the laser interferometers RIFZ1, RIFZ2, and RIFZ3 for reticle side measurement You may make it adjust the Z direction position of a reticle stage RST using the positional information for adjustment of the direction which corresponds in the move direction of the 1st measured positional information for adjustment, and the 2nd positional information for adjustment. You may make it adjust the inclination of Reticle R during a scan in a main control unit 80 using at least two of the laser interferometers RIFZ1, RIFZ2, and RIFZ3 for reticle side measurement. Moreover, it is not real-time amendment, and vertical movement of Reticle R is measured beforehand and Z position and the inclination of Reticle R may be controlled by the measurement value and interferometer.

Therefore, since according to this operation gestalt the whole surface of the pattern of Reticle R is serially imprinted by scanning exposure on Wafer W and the position of the direction of an optical axis of the projection optical system of Reticle R is adjusted based on the positional information for adjustment in this case Although the reticle side of a projection optical system PO is a non-calling cent rucksack the direction of an optical axis of the reticle R under scanning exposure -- it can suppress

effectively that originate in a variation rate and a scale-factor error and a position gap arise in the imprint image of the pattern on Wafer W, and it becomes possible to pile up as a result and to aim at improvement in precision. In moreover, the time of a reticle stage RST moving to the side else from an unilateral along with a Y-axis and the time of moving to an unilateral from the side else the position of the Z direction of the reticle R in \*\*\*\*\*, even if it is the case where variation rates differ by the mechanism-factor (move property of a stage), the control characteristic, etc. without it is influenced [ the ] -- highly precise -- Z positioning of Reticle R -- it can carry out -- the Z direction of Reticle R -- it can suppress more effectively that originate in a variation rate and a scale-factor error and a position gap arise in the imprint image of the pattern on Wafer W.

If the lighting light EL for exposure is irradiated from across to Reticle R by the illumination system which consists of light equipment 12 and lighting optical system (M, 44) according to the operation gestalt of \*\*\*\* 1 as explained to the detail above. It is projected on the lighting light for exposure by which outgoing radiation was carried out from Reticle R by the projection optical system PO on Wafer W, and the pattern of the field on the reticle R illuminated with the lighting light EL for exposure is imprinted on Wafer W. At the time of the imprint of this reticle pattern, a driving gear (80, 34, 62) carries out the synchronized drive of the wafer W to Reticle R with the velocity ratio according to the projection scale factor of a projection optical system PO. This. The whole surface of the pattern of Reticle R is imprinted by the shot field on Wafer W.

In advance of the imprint of this reticle pattern, with a main control unit 80, the alignment mark on Wafer W is detected using the alignment optical system ALG, the amount of expansion and contraction of a wafer is calculated based on this mark detection result, Reticle R is driven to a Z direction according to it, and the projection scale factor of the non-scanning direction of a projection optical system PO is adjusted (change). In addition, the projection scale factor of a scanning direction is realized by adjusting the synchronous-speed ratio of the reticle stage at the time of scanning exposure, and a wafer stage. With a main control unit 80, after change of the above-mentioned projection scale factor. Using the image measuring instrument FM between wafer stage WST absentminded by detecting the space image of the reticle alignment marks RM1-RM6 through slits SLT1 and SLT2 (a kind of reference mark). While detecting the relative-position relation between the aforementioned slits SLT1 and SLT2 and the projection position to the wafer stage WST top of a reticle pattern image, the aforementioned slit SLT1 (or SLT2) is detected using the alignment optical system ALG. That is, when the projection scale factor of a projection optical system PO is changed, the relative-position relation between the reference marks SLT1 and SLT2 on \*\* wafer stage and the projection position to the wafer stage WST top of the pattern image of Reticle R and reference-mark SLT1 (or SLT2) on \*\* wafer stage WST and the physical relationship based on [ of the alignment optical system ALG ] detection are detected by the main control unit 80. \*\* It calculates as a result than the detection result of \*\*, the projection position to the wafer stage WST top of the pattern image of Reticle R, and the physical relationship of base lines, i.e., so-called amount, based on [ of the alignment optical system ALG ] detection. therefore, a position gap of the projection position to the wafer W top of the reticle pattern image accompanying change of a projection scale factor -- an amendment -- things are made and it becomes possible to suppress degradation of the superposition precision accompanying change of a projection scale factor on prevention or sufficient level.

According to this operation gestalt, moreover, an illumination system (12M, 44). Since the catoptric system which irradiates the EUV light of a between with a wavelength of 5-15nm as a lighting light EL at Reticle R, and consists only of two or more reflected light study elements (M1-M4) as a projection optical system PO is used, Since a reticle pattern is imprinted by Wafer W through a projection optical system PO using EUV light, the highly precise imprint of a very detailed pattern, for example, 100 nmL/S patterns, is possible.

Moreover, according to this operation gestalt, interferometer systems 70 measure the relative position within XY side over the projection optical system PO of a reticle stage RST and the wafer stage WST. Since the relative position of the Z direction to the projection optical system PO of Reticle R is measured by laser interferometer RIFZ and the relative position of the Z direction to the projection

optical system PO of Wafer W is measured by the focal sensor 14 Even if the reticle stage RST, the wafer stage WST, and the projection optical system PO are supported by separate supporter material, there is no trouble. For this reason, since a reticle stage RST, the wafer stage WST, and a projection optical system PO do not need to be connected mechanically Vibration of the supporter material of the reaction force by the degree of acceleration and deceleration at the time of movement of a reticle stage RST and the wafer stage WST or each stage It does not have a bad influence on the image formation property of a projection optical system PO, or the reaction force by the degree of acceleration and deceleration at the time of movement of one stage does not have a bad influence on the behavior of the stage of another side through supporter material.

According to this operation gestalt, moreover, the slit board 44 in lighting optical system 1st slit 44a which irradiates the lighting light EL at some reticle patterns, It has 2nd slit 44b which irradiates the lighting light EL to a reticle alignment mark. From the drive 46 which changes 1st slit 44a and 2nd slit 44b to the lighting light EL being formed, a setup of the suitable lighting field for each at the time of exposure and alignment is attained with the same slit board 44. Moreover, the flexibility of the cross-section configuration of the lighting light irradiated toward Reticle R compared with the case where there is no slit board 44 in this case, from lighting optical system increases, and the flexibility of a design of the optical element which constitutes lighting optical system according to this improves. With this operation gestalt, the lighting light EL for exposure is the light of a soft X ray field. on the wafer stage WST Moreover, the fluorescence generating matter 63, The slits SLT1 and SLT2 formed in this front face of the thin film of the reflecting layer 64 of the lighting light EL for exposure, From having the space image measuring instrument FM as a position detection system which has the optoelectric transducer PM which carries out photo electric translation of the light which the fluorescence generating matter 63 emits, when the lighting light EL for exposure reaches the fluorescence generating matter 63 through these slits SLT1 and SLT2 Usually, although there is, when the matter which penetrates the light of a soft X ray field exists, and using this light as a lighting light for exposure, it uses the lighting light for exposure, and becomes measurable [ a space image ]. [ no ] It becomes possible to ask for the projection position on the wafer stage WST of a reticle pattern easily using this space image measuring instrument FM etc.

Moreover, with this operation gestalt, since the pattern of Reticle R is formed of the absorber of the EUV light (lighting light for exposure) EL formed on the reflecting layer of the EUV light EL, the pattern restoration of it when the multilayer which consists of the reflective matter of the light of the soft X ray field which is the lighting light for exposure goes wrong unlike the case where patterning is carried out is attained. Moreover, by choosing the material of the above-mentioned absorber suitably, the above-mentioned reflecting layer and above-mentioned absorber of the lighting light for exposure can be mostly set as the same reflection factor to the length measurement beam (for example, light of a visible region) of Interferometer RIFZ, and it becomes possible to measure Z shaft-orientations position of Reticle R in the same precision mostly the whole surface on Reticle R.

Moreover, although the above-mentioned operation gestalt explained the case where the circular lighting field IA was specified using the slit board 44, each optical member which constitutes not only this but lighting optical system does not necessarily need to form [ the lighting light EL ] the slit board 44 of a reticle R directly under, if it is designed so that it may become a circular form.

Moreover, you may make a reticle alignment mark into the position of RM7-RM12 in drawing 5 instead of the position of RM1-RM6. The drive 46 is [ that there should just be a slit board which has only 1st slit 44a as a slit board 44 in this case ] unnecessary. Or a reticle alignment mark may be formed in all the positions of RM1-RM12, and these [ all ] may be used.

The scale-factor change equipment which realizes change of a projection scale factor by the direction drive of an optical axis of the projection optical system PO of Reticle R is constituted from this operation gestalt by laser interferometer RIFZ for reticle side measurement, the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 36, and the main control unit 80 so that clearly from old explanation. However, this invention is not limited to this. That is, the equipment which changes the optical property of a projection optical system PL may constitute by adjusting partially the curvature of some mirrors

which constitute a projection optical system PO for the scale-factor change equipment concerning this invention, or adjusting a mirror interval.

An example of the projection optical system PO in which this kind of optical property change equipment 59 was formed is shown in drawing 13 with the reticle stage RST and the wafer stage WST. In this drawing 13, as for the 1st mirror M1, the reflecting layer to EUV light is formed by metal of the multilayer which put two kinds of matter on the front face by turns. The change equipment 59 which changes the curvature of the reflector partially is put side by side to this 1st mirror M1. The mechanism equipped with the driving shaft which pushes or lengthens the part by the side of the rear face of the reflector of the 1st mirror M1 can constitute this change equipment 59. In applying this invention to the aligner equipped with this change equipment 59, the synchronized drive of the wafer W is carried out to Reticle R, it precedes imprinting the pattern of Reticle R on Wafer W through a projection optical system PO, and change equipment 59 adjusts the optical property of a projection optical system PO. And what is necessary is just to adjust the physical relationship of Reticle R, the projection field of the pattern image in a synchronized drive with Wafer W, and a wafer at the time of the imprint to the wafer W of a reticle pattern, so that the shift of the projection field of a pattern image in the image field of a projection optical system PO which originates in adjustment of the aforementioned optical property and is produced may be compensated. Adjustment of this physical relationship like the above-mentioned operation gestalt after adjustment of an optical property You may carry out based on the result which performed base-line measurement and calculated the shift amount of the projection field of a pattern image in the image field of a projection optical system PO. It is based on the relation of the amount of adjustments of an optical property and the shift amount of the projection field of the aforementioned pattern image which were calculated beforehand. or by calculation The amount of change of the aforementioned shift amount or the amount of base lines is calculated, and you may make it adjust the scanning starting position for exposure of each shot field of Wafer W based on this result. degradation of the superposition precision accompanying adjustment of an optical property by this -- prevention -- or it can fully suppress

Moreover, although it is also possible to change the temperature of a reticle and to control a scale factor as a method of changing the optical property of a projection optical system including image formation properties, such as a projection scale factor to the wafer top of a reticle pattern a position gap of the pattern image which originates in change of a projection scale factor etc. even if it may perform base-line measurement with the application of this invention and is this case, when changing a projection scale factor etc. by this technique -- an amendment -- things are made

Moreover, although the above-mentioned operation gestalt explained the case where a projection scale factor was controlled, based on the result of wafer alignment The case where a projection scale factor is controlled based on the projection scale factor into which it is put by the exposure conditioning file not only this but beforehand, When the temperature of a reticle has risen by exposure light etc. during exposure, even if it is the case where a scale factor is controlled according to the amount of thermal expansion of the reticle etc. the case where a reticle is made to go up and down for the scale-factor control -- it -- responding -- the above -- the same -- the amount of base lines -- an amendment -- position gap amendment of the pattern image accompanying change of a scale factor is attained by things

In addition, although the case where the alignment optical system of an off-axis was used as a mark detection system was illustrated with the above-mentioned operation gestalt If this invention is not limited to this and an exposure position differs from the irradiation position of an alignment beam Even if it is the case where the alignment optical system of on-axes, such as a TTL (Through The Lens) method and a TTR (Through The Reticle) method, is used as a mark detection system, it is effective to perform base-line measurement after scale-factor change.

Moreover, although the above-mentioned operation gestalt explained the case where measurement of the reticle alignment mark by the space image measuring instrument FM and measurement of the reference mark by the alignment optical system ALG were performed to non-\*\*\*\*, you may be made to perform detection (space image measurement) of the reticle alignment mark through the above-mentioned slits

SLT1 and SLT2, and measurement of the reference mark by the alignment optical system ALG simultaneously not only using this but using a big space image measuring instrument. In this case, it is desirable to lean the front face of the space image measuring instrument FM so that Z position of a space image measuring instrument FM front face may be controlled by each position of the space image measuring instrument FM and a reference mark by each focal position of a projection optical system PO and the alignment optical system ALG.

By the way, since the wafer of the same lot is processed in the same process, it is surmised that the same is almost said of the amount of expansion and contraction of a wafer. It follows, for example, supposing one lots are 20 wafers, the amount of expansion and contraction of the wafer for which it asked by the 1st sheet of the beginning, and the amount of expansion and contraction of the 2-20th wafers will be greatly expected not to be different. When the numeric value was mentioned concretely and the 10 ppm of the 1st wafer are extended to the reference value (for example, design value), it turns out after the 2nd sheet that it is the elongation of Abbreviation ( $10 \times 0.5$ ) ppm from experience to the reference value. Supposing that is right, after keeping away Reticle R from the 40-micrometer projection optical system PO at the time of exposure of a wafer of the 1st sheet, if Reticle R is driven to a Z direction within the limits of  $\pm 2$  micrometers on the basis of the position (vertical movement), in the case of exposure of the wafer after the 2nd sheet, it will be sufficient. The shift amount on the wafer of the reticle image corresponding to Z drive of this reticle R is  $\pm 25$  nm. Therefore, though no less than 10% of error arises for a certain reason, the error is about  $\pm 2.5$  nm in value. There will be no need of this value being equivalent to the measurement reproducibility of the base line, and carrying out re-measurement purposely.

It is the 2nd following operation gestalt which was made in view of this situation.

<< -- operation gestalt [ of  $\pm$  a 2nd ] >>

Next, the 2nd operation gestalt of this invention is explained based on drawing 14. This 2nd operation gestalt is the same as the 1st operation gestalt, and since it is only that a part of control action of the exposure process after the 2nd layer (second layer) by the main control unit 80 differs, it explains an equipment configuration etc. focusing on this point below. In addition, the same sign as the 1st operation gestalt shall be used about each component here.

It is a time of preparatory works, such as wafer loading (in and the case reticle loading), being completed that the sequence shown with the flow chart of drawing 13 starts.

In Step 200, like Step 100 mentioned above in the main control unit 80, EGA etc. performs wafer alignment and it sets to the following step 202. The controlled variable of the projection scale factor for making the size of a reticle pattern image correctly in agreement with the size of the shot field on Wafer W based on alignment measurement results, such as the above-mentioned EGA That is, the amount of Z direction drives of Reticle R is computed, and only the amount which carried out [ aforementioned ] calculation drives Reticle R to a Z direction (the vertical direction) through the magnetic-levitation type two-dimensional linear actuator 34.

At the following step 204, it judges whether the wafer W for exposure is the head of a lot in a main control unit 80. And like [ when this judgment is affirmed ] Step 106->102->104 of the 1st operation gestalt which progressed to Step 208 and was mentioned above after that, until the adjustment residuum of a projection scale factor becomes below an allowed value (for example, 0.2 ppm) With a main control unit 80, comparison with the allowed value of Z drive of Reticle R, base-line measurement and projection scale-factor measurement, and the adjustment residuum of a projection scale factor is repeated by the loop of Step 210->202->204->208->210. And if it becomes below the allowed value of the adjustment residuum of a projection scale factor, like Step 108 which progressed to Step 212 and was mentioned above, with a main control unit 80, exposure of a step and a scanning method will be performed using EUV light as a lighting light EL for exposure, and a series of down stream processing to one wafer W will be ended. Thus, to the wafer of a lot head, the same operation as the 1st operation gestalt mentioned above is performed. Therefore, in advance of exposure of the wafer of this lot head, the amount of base lines actually measured in Step 208 is memorized by the memory 81 as storage. On the other hand in the case of exposure of the wafer W after this 2nd sheet that is lots Since the



judgment in the above-mentioned step 204 is denied, it progresses to Step 206. The proportionality constant  $F$  which does not perform base-line measurement but shows the relation between the amount of  $Z$  drives of the known reticle  $R$ , and the shift amount of the reticle pattern image on Wafer  $W$  with a main control unit 80. For example,  $F = 12.5\text{nm}/1\text{micrometer} = 12.5 \times 10^{-3}$ . It uses, and asks for change of the amount of base lines by calculation, and the amendment of base lines, i.e., the amount, is updated for the amount of base lines memorized by memory 81 based on this calculation result.

And like Step 108 which progressed to Step 212 after renewal of this amount of base lines, and was mentioned above, with a main control unit 80, exposure of a step and a scanning method is performed using EUV light as a lighting light  $EL$  for exposure, and a series of down stream processing to one wafer  $W$  is ended.

With the operation gestalt of \*\*\*\* 2, not only a control unit but calculation equipment and the 2nd control unit are realized by the function of a main control unit 80 so that clearly from old explanation. In order to face imprinting a reticle pattern to wafers other than a lot head and to change the projection scale factor of a projection optical system  $PO$ , when  $Z$  drive of Reticle  $R$  is done according to the operation gestalt of \*\*\*\* 2 explained above, in a main control unit 80, the amount of base lines memorized in memory 81 based on the relation between the amount of  $Z$  drives of the known reticle  $R$  and the shift amount of the reticle pattern image on Wafer  $W$  is amended by calculation. therefore, a position gap of the projection position to the wafer top of the reticle pattern image accompanying change of a projection scale factor only by calculation -- an amendment -- things are made, in degradation of the superposition precision accompanying change of a projection scale factor, it can fully suppress and the prevention or the part, and the improvement in a throughput which moreover do not carry out re-measurement of the base line are attained.

In addition, it replaces with the judgment in Step 204 of the above-mentioned operation gestalt, and you may make it judge whether the amount of change of the scale factor in Step 202 is larger than a predetermined threshold. Even if it is this case, an effect equivalent to the above can be acquired.

Namely, the concept of amendment of the amount of base lines by the calculation adopted with the operation gestalt of \*\*\*\* 2 demonstrates an effect especially in the small, the amount of  $Z$  drives of Reticle  $R$ , i.e., the controlled variable of a projection scale factor, range.

Moreover, of course, from the design information of a projection optical system  $PO$ , although it is known, in the process which assembles and adjusts an aligner, you may actually measure beforehand the shift amount of the reticle image on the wafer  $W$  to the amount of  $Z$  drives of the above-mentioned reticle  $R$ .

In addition, while including the illumination system and projection optical system which consist of the light source, two or more lenses, etc. in an aligner main part and carrying out optical adjustment. The reticle stage and wafer stage which consist of many machine parts, the two-dimensional linear actuators 34 and 62, and Interferometer RIFZ The 70th grade can be attached in an aligner main part, wiring and piping can be connected, each part to control systems, such as a main control unit which constitutes scale-factor change equipment, a compensator, etc., can be connected, and the aligner 10 of this operation gestalt can be manufactured by carrying out comprehensive adjustments (electric adjustment, check of operation, etc.) further. In addition, it is desirable to perform manufacture of an aligner in the clean room where temperature, the air cleanliness class, etc. were managed.

In addition, the projection optical system shown with the above 1st and the 2nd operation gestalt and lighting optical system are mere examples, and, of course, this invention is not limited to this. moreover -- although the above-mentioned operation gestalt explained the case where it was applied to the EUV aligner which this invention equipped with a reflected type reticle and all catoptric system -- this invention -- a mask side -- a non-calling cent -- if it is the aligner from which it has a rucksack projection optical system, and the projection position on the substrate of a mask pattern image shifts by change of the projection scale factor of a projection optical system -- a scanned type and quiescence exposure type -- fair -- suitable -- being applicable .

Moreover, a projection scale factor is changed, and the technical thought of this invention called an amendment in a position gap of the pattern image resulting from the change is suitably applicable [ with



movement of the direction of a projection-optical-system optical axis of a mask ] similarly, if it is the aligner which uses not only an EUV aligner but the combination of a reflected type mask and catoptric system.

In addition, in order to calculate the shift amount of a projection image and the amount of change of the base line accompanying changing actively the image formation property of the projection image of a reticle pattern, and the optical property of a projection optical system using the upper and lower sides of a reticle, or the change equipment of an optical property in old explanation, Although it explained redoing base-line measurement Since the amount of base lines is changed also according to the thermal expansion of the reticle resulting from the reticle itself absorbing the lighting light for exposure, When the allowed value of the thermal-expansion variation of this reticle itself is set up beforehand, the thermal expansion of the reticle under exposure is supervised and it reaches an allowed value, you may make it redo base-line measurement. For example, while asking for the function of the relative relation between the lighting optical absorption of a reticle, and thermal expansion beforehand by an experiment or the simulation, and installing the quantity of light monitor in the reticle stage, for example, measuring the quantity of light during wafer exchange After updating one by one and completing exposure of a wafer, calculating the irradiation quantity of light by the operation using the measurement value of the quantity of light monitor during exposure of the wafer, and computing the thermal-expansion variation of a reticle at a suitable interval using the irradiation quantity of light and the aforementioned function What is necessary is to judge whether the thermal-expansion variation at that time has reached the above-mentioned allowed value, and just to make it redo base-line measurement, when the allowed value is reached. In addition, it is also good to measure with the space image measuring instrument FM which mentioned the projection image of a reticle mark above in this case. Moreover, even if it is not every exposure end of one wafer, you may make a judgment whether the above-mentioned allowed value is reached for every exposure end of the wafer of predetermined number of sheets.

In addition, what the temperature distribution of a reticle are measured based on the measurement value of the temperature sensor prepared in the reticle stage, and presumes the thermal-expansion variation of a reticle based on these temperature distribution is possible. In this case, based on survey, the thermal-expansion variation of a reticle can be presumed somewhat correctly irrespective of under irradiation of the lighting light for exposure, and an irradiation halt.

Since similarly each mirror which constitutes a projection optical system also deforms by the lighting absorption of light and image formation properties, such as distortion of a projection optical system, are also changed by this The allowed value of the variation of this image formation property or the deformation of a mirror is beforehand set up like the above-mentioned reticle thermal expansion. The variation of an image formation property or the deformation of a mirror is supervised similarly, and when this variation reaches an allowed value, you may make it redo using the space image measuring instrument FM which mentioned above base-line measurement and image formation property measurement. In addition, although the above-mentioned reticle thermal-expansion variation and image formation property variation are calculated by the operation, to say nothing of calculating the variation synthesizing the change under exposure light irradiation (direction where temperature rises), and the change under exposure light irradiation halt (direction to which temperature falls), of course in this case, a function relative-related [ above-mentioned ] means such a function.

Moreover, in each above-mentioned operation gestalt, you may use EUV light with a wavelength [ not only EUV light with a wavelength of 13.4nm but ] of 11.5nm as a lighting light EL. In this wavelength region, the multilayer to which the laminating of molybdenum and the beryllium was carried out by turns will be formed on the surface of an optical element. In addition, in order to imprint 70 nmL/S patterns or 50nm isolated pattern, in EUV light with a wavelength of 13.4nm, the projection optical system whose numerical aperture is 0.1 to about 0.12 is used, and the projection optical system whose numerical aperture is 0.08 to about 0.1 is used with the EUV light which is the wavelength of 11.5nm. furthermore -- although tape targets, such as a copper tape, shall be used in the light equipment 12 of the above-mentioned operation gestalt -- instead, a gas-jet target or an air conditioner -- Io -- you may use a target etc. Moreover, you may use SOR instead of the laser plasma light source.

Moreover, although the above-mentioned operation gestalt explained the case where a lighting field was circular, it is possible not only this but to specify a lighting field in the shape of a rectangle slit, even if it is an EUV aligner. However, it is necessary to increase a little the number of sheets of the mirror which constitutes a projection optical system in this case.

the [ in addition, / the above 1st and ] -- in 2 operation gestalten, although the pattern side of Reticle R was approached and the working blind 42 and the field diaphragm (slit board) 44 have been arranged, you may arrange at least one side of a blind 42 and a field diaphragm 44 to the pattern side of Reticle R, and an almost conjugate field within lighting optical system

Moreover, although each above-mentioned above-mentioned operation gestalt explained the case where this invention was applied to the aligner which uses EUV light as a lighting light for exposure Not only in this, for example, the reflective system which consists only of a reflected light study element as a projection optical system even if it is an aligner using ultraviolet radiation, Or if it is equipment which adopted the reflective refraction system (KATADDIOPUTO rucksack system) which has a reflected light study element and a dioptrics element, the same effect can be acquired with the application of this invention. For example, it is possible to use a reflective refraction system as a projection optical system with the aligner using vacuum-ultraviolet light (VUV light) with a wavelength of about 200nm or less. In this case, you may make it use the same optical property change equipment as drawing 13 which changes some curvatures of reflected light study elements (a concave mirror, mirror, etc.) and which was mentioned above as scale-factor change equipment.

U.S. Pat. No. 5,668,672 here corresponding to [ for example ] JP,8-171054,A and this as a reflective refraction type projection optical system, And are indicated by JP,10-20195,A, U.S. Pat. No. 5,835,275 corresponding to this, etc. The reflective refraction system which has a beam splitter and a concave mirror as a reflected light study element, Or JP,8-334695,A and U.S. Pat. No. 5,689,377 corresponding to this, And the reflective refraction system which is indicated by JP,10-3039,A, the U.S. patent application No. (filing date of application : June 12, 1997) 873,605 corresponding to this, etc. and which has a concave mirror etc., without using a beam splitter as a reflected light study element can be used.

As long as the domestic statute of the appointed country which specified by this international application, or the selected selection country allows, each above-mentioned official report, the U.S. patent corresponding to these, and the indication in the U.S. patent application are used for, and it carries out to a part of publication of this specification.

In addition, two or more dioptrics elements and two mirrors (with the primary mirror which is a concave mirror) which are indicated by U.S. Pat. No. 5,031,976, No. 5,488,229, and No. 5,717,518 The plane of incidence of a refraction element or a plane-parallel plate and the secondary mirror which is a rear-face mirror in which a reflector is formed in an opposite side may be arranged on the same shaft, and the reflective refraction system which carries out re-image formation of the middle image of the reticle pattern formed of two or more of the dioptrics elements on a wafer by the primary mirror and the secondary mirror may be used. By this reflective refraction system, a primary mirror and a secondary mirror are arranged after two or more dioptrics elements, it will be reflected in order of a secondary mirror and a primary mirror through some primary mirrors, and lighting light will reach on a wafer through a part of secondary mirror further. As long as the domestic statute of the appointed country which specified by this international application, or the selected selection country allows, the indication in the above-mentioned U.S. patent is used for, and it carries out to a part of publication of this specification.

Furthermore, as a reflective refraction type projection optical system, it has the circular image field, for example, and while both body side and image surface sides are tele cent rucksacks, you may use the reduction system from which the projection scale factor becomes 1/4 time or 1/5 time. Moreover, you may be the type specified in the shape of [ which is prolonged along the direction which in the case of the scanned type aligner equipped with the this reflective refraction type projection optical system the irradiation field of lighting light centers on the optical axis mostly within the visual field of a projection optical system, and intersects perpendicularly with the scanning direction of a reticle or a wafer mostly ] a rectangle slit. According to the scanned type aligner equipped with the this reflective refraction type

projection optical system, even if it uses F2 laser beam with a wavelength of 157nm as a lighting light for exposure, for example, it is possible to imprint the detailed pattern about 100 nmL/S patterns with high precision on a wafer.

although the above-mentioned operation gestalt explained the case where the scale factor which is a kind of an optical property was adjusted mainly using optical property change equipment, in order that [ in addition, ] this may adjust the shift (position gap) of the projection field of a pattern image -- a projection scale factor -- adjusting -- a body side side -- a tele cent -- it is the rucksack latus concept in which a scale factor also contains distortion since it comes out and distortion is adjusted by vertical movement of a reticle in a certain case

Moreover, although ArF excimer laser light, F2 laser beam, etc. are used as a vacuum-ultraviolet light, the single wavelength laser beam of the infrared region oscillated from DFB semiconductor laser or a fiber laser or a visible region may be amplified with the fiber amplifier with which the erbium (or both an erbium and ITTORIBIUMU) was doped, and the higher harmonic which carried out wavelength conversion may be used for ultraviolet radiation using a nonlinear optical crystal.

For example, if oscillation wavelength of single wavelength laser is made into within the limits of 1.51-1.59 micrometers, the 10 time higher harmonic which is within the limits the 8 time higher harmonic which is within the limits whose generating wavelength is 189-199nm, or whose generating wavelength is 151-159nm will be outputted. If the ultraviolet radiation from which generating wavelength will turn into the same wavelength mostly if especially oscillation wavelength is made into within the limits of 1.544-1.553 micrometers, the 8 time higher harmonic, i.e., the ArF excimer laser light, within the limits which are 193-194nm, is obtained and oscillation wavelength is made into within the limits of 1.57-1.58 micrometers, the ultraviolet radiation from which generating wavelength turns into the same wavelength with the 10 time higher harmonic within the limits which are 157-158nm, i.e., F2 laser beam, mostly will be obtained.

Moreover, if the 7 time higher harmonic which is within the limits whose generating wavelength is 147-160nm when oscillation wavelength is made into within the limits of 1.03-1.12 micrometers is outputted and especially oscillation wavelength is made into within the limits of 1.099-1.106 micrometers, the ultraviolet radiation from which generating wavelength turns into the same wavelength with the 7 time higher harmonic within the limits which are 157-158 micrometers, i.e., F2 laser beam, mostly will be obtained. In this case, as single wavelength oscillation laser, for example, an ITTORIBIUMU dope fiber laser can be used.

Moreover, in order to manufacture the reticle or mask used not only with micro devices, such as a semiconductor device, but with an optical aligner, an EUV aligner, an X-ray aligner, electron-beam-lithography equipment, etc., this invention is applicable also to the aligner which imprints a circuit pattern to a glass substrate or a silicon wafer. Generally by the aligner using DUV (far-ultraviolet) light, VUV (vacuum ultraviolet) light, etc., a penetrated type reticle is used here, and quartz-glass, quartz-glass [ with which the fluorine was doped ], fluorite, and magnesium fluoride, crystal, etc. are used as a reticle substrate. Moreover, with the X-ray aligner or electron-beam-lithography equipment of a pro squeak tee method, a penetrated type mask (a stencil mask, membrane mask) is used, and a silicon wafer etc. is used as a mask substrate.

Of course, this invention is applicable to the aligner which imprints the device pattern which is used for manufacture of the display not only containing an aligner but the liquid crystal display element used for manufacture of a semiconductor device, and which is used for manufacture of the aligner which imprints a device pattern on a glass plate, and the thin film magnetic head on a ceramic wafer, the aligner used for manufacture of image pck-up elements (CCD etc.).

<<device manufacture method>>

Next, the operation gestalt of the manufacture method of the device which used the lithography system (aligner) and the exposure method which were mentioned above at the lithography process is explained. The flow chart of the example of manufacture of devices (semiconductor chips, such as IC and LSI, a liquid crystal panel, CCD, the thin film magnetic head, micro machine, etc.) is shown in drawing 15 . As shown in drawing 15 , first, in Step 201 (design step), the functional ability designs (for example, circuit

design of a semiconductor device etc.) of a device are performed, and the pattern design for realizing the function is performed. Then, the mask in which the designed circuit pattern was formed is manufactured in Step 202 (mask manufacture step). On the other hand, in Step 203 (wafer manufacture step), a wafer is manufactured using material, such as silicon.

Next, in Step 204 (wafer processing step), an actual circuit etc. is formed on a wafer with lithography technology etc. so that the mask and wafer which were prepared at Step 201 - Step 203 may be used and mentioned later. Subsequently, in Step 205 (device assembly step), device assembly is performed using the wafer processed at Step 204. Processes, such as a dicing process, a bonding process, and a packaging process (chip enclosure), are included in this step 205 if needed.

Finally, in Step 206 (inspection step), the check test of the device produced at Step 205 of operation, an endurance test, etc. are inspected. After passing through such a process, a device is completed, and this is shipped.

The detailed example of a flow of the above-mentioned step 204 in the case of a semiconductor device is shown in drawing 16. In drawing 16, the front face of a wafer is oxidized in Step 211 (oxidization step). An insulator layer is formed in a wafer front face in Step 212 (CVD step). In Step 213 (electrode formation step), an electrode is formed by vacuum evaporation on a wafer. Ion is driven into a wafer in Step 214 (ion implantation step). the above step 211 - Step 214 -- each constitutes the head end process of each stage of wafer processing, and is chosen and performed according to required processing in each stage

In each stage of a wafer process, an end of an above-mentioned head end process performs a tail end process as follows. By down stream processing, a sensitization agent is first applied to a wafer in Step 215 (resist formation step) after this. Then, in Step 216 (exposure step), the circuit pattern of a mask is imprinted to a wafer by the lithography system (aligner) and the exposure method which were explained in the top. Next, the wafer exposed in Step 217 (development step) is developed, and the outcrop material of portions other than the portion into which the resist remains is removed by etching in Step 218 (etching step). And the resist which etching ended and became unnecessary is removed in Step 219 (resist removal step).

By carrying out by repeating the head end process and tail end process of these, a circuit pattern is formed on a wafer multiplex.

If the device manufacture method of this operation gestalt explained above is used, since the exposure method explained in the exposure process (Step 216) in the above-mentioned aligner 10 and the top will be used, a highly-integrated device is producible with the sufficient yield with improvement in exposure precision including improvement in superposition precision.

Availability on industry As explained above, the aligner and the exposure method concerning this invention are suitable for forming a two or more layers detailed pattern with a sufficient precision in piles on substrates, such as a wafer, in the lithography process which manufactures micro devices, such as an integrated circuit. Moreover, the device manufacture method concerning this invention is suitable for manufacture of the device which has a detailed pattern.

[Brief Description of the Drawings]

Drawing 1 is drawing showing roughly the composition of the aligner of the 1st operation gestalt of this invention.

Drawing 2 is drawing showing the internal configuration of the light equipment of drawing 1.

Drawing 3 is the left lateral view of the light equipment of drawing 2.

Drawing 4 is drawing showing each part of composition near the reticle stage of drawing 1 in detail.

Drawing 5 is the outline plan of a reticle.

Drawing 6 is drawing for explaining the composition of the interferometer systems which measure the position in XY flat surface of a reticle stage and a wafer stage.

Drawing 7 is the plan showing the slit board of drawing 1, and an example of the drive.

Drawing 8 is drawing showing roughly the internal configuration of the projection optical system of drawing 1.

Drawing 9 A is the plan showing a space image measuring instrument.

Drawing 9 B is the side elevation showing the space image measuring instrument of drawing 9 A.

Drawing 10 is the block diagram showing roughly the composition of the control system relevant to the position and attitude control of a wafer (wafer stage) and a reticle (reticle stage).

Drawing 11 is drawing showing signs that a reticle pattern is imprinted by two or more shot field on a wafer.

Drawing 12 is a flow chart for explaining the exposure sequence of the aligner of the 1st operation gestalt.

Drawing 13 is drawing for explaining a modification.

Drawing 14 is drawing for explaining the exposure sequence of the aligner of the 2nd operation gestalt.

Drawing 15 is a flow chart for explaining the operation gestalt of the device manufacture method concerning this invention.

Drawing 16 is a flow chart which shows the processing in Step 204 of drawing 15 .

Drawing 17 is drawing for explaining Object of the Invention.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

### [Claim(s)]

[Claim 1] It is the aligner which imprints the pattern of a mask on a substrate. The illumination system and; which irradiate the lighting light for exposure at the aforementioned mask.

The projection optical system and; which project the aforementioned lighting light for exposure by which outgoing radiation was carried out from the aforementioned mask on the aforementioned substrate.

Scale-factor change equipment and; which change the projection scale factor of the aforementioned projection optical system.

The substrate stage and; holding the aforementioned substrate.

The mark detection system and; which detect the mark which exists on the aforementioned substrate stage.

The aligner equipped with an amendment compensator for a projection position gap of the aforementioned mask pattern using the amount of base lines of the aforementioned mark detection system corresponding to after the scale-factor change when a scale factor is changed by the aforementioned scale-factor change equipment on the occasion of the imprint of a up to [ the aforementioned substrate of the aforementioned mask pattern ].

[Claim 2] The aligner according to claim 1 characterized by providing the following. On the aforementioned substrate stage, at least one reference mark containing a specific reference mark is formed. It has further the position detection system which detects the relative-position relation between the aforementioned specific reference mark and the projection position to the aforementioned substrate stage top of the pattern image of the aforementioned mask. Result [ the aforementioned compensator detected the aforementioned relative-position relation using the aforementioned position detection system ]. The control unit which calculates the aforementioned amount of base lines corresponding to after the aforementioned scale-factor change based on the result to which the relation between the aforementioned specific reference mark on the aforementioned substrate stage and this reference mark detected known one side of a different reference mark using the aforementioned mark detection system.

[Claim 3] In an aligner according to claim 2 The aforementioned mark-detection system has a focal detection system. The aligner characterized by to have further the adjusting device which adjusts the position of the aforementioned optical-axis direction of the aforementioned substrate stage so that the aforementioned mark may be located in the focal position of the aforementioned mark-detection system based on the detection result of the aforementioned focal detection system in the case of detection of the mark which exists on the aforementioned substrate stage by the aforementioned mark-detection system.

[Claim 4] The aligner according to claim 1 characterized by providing the following. On the aforementioned substrate stage, at least one reference mark containing a specific reference mark is formed. It has further the position detection system which detects the relative-position relation between the aforementioned specific reference mark and the projection position to the aforementioned substrate stage top of the pattern image of the aforementioned mask. The aforementioned compensator is as a result of [ of the aforementioned position detection system ] detection. Storage which memorizes

beforehand the amount of base lines of the aforementioned mark detection system computed based on the result to which the relation between the aforementioned specific reference mark on the aforementioned substrate stage and this reference mark detected known one side of a different reference mark using the aforementioned mark detection system. It is amendment calculation equipment by calculation about the aforementioned amount of base lines memorized by the aforementioned storage according to the scale factor by which a change was made [ aforementioned ].

[Claim 5] The aligner according to claim 2 or 4 characterized by providing the following. The aforementioned lighting light for exposure is the light of a soft X ray field. It is prepared on the aforementioned substrate stage and the aforementioned position detection system is the fluorescence generating matter. Opening which serves as the aforementioned specific reference mark formed in this front face of the thin film which consists of either the reflecting layer of the aforementioned lighting light for exposure, or an absorption layer. The optoelectric transducer which carries out photo electric translation of the light which the aforementioned fluorescence generating matter emits when the aforementioned lighting light for exposure reaches the aforementioned fluorescent substance through the aforementioned opening.

[Claim 6] In an aligner according to claim 1 The aforementioned scale-factor change equipment is an aligner characterized by being equipment which drives the aforementioned mask in the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system.

[Claim 7] In an aligner according to claim 1 The aforementioned projection optical system is the optical system containing a reflected light study element. The aforementioned scale-factor change equipment is an aligner characterized by being optical property change equipment which changes the optical property of the aforementioned projection optical system.

[Claim 8] In an aligner according to claim 7 The aforementioned optical property change equipment is an aligner characterized by changing the curvature of the aforementioned reflected light study element.

[Claim 9] In an aligner according to claim 1 The aforementioned projection optical system It is the optical system containing a reflected light study element. The mask stage holding the aforementioned mask, It has further the driving gear which carries out the synchronized drive of this mask stage and the aforementioned substrate stage in the 1st direction which intersects perpendicularly in the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system. The aforementioned scale-factor change equipment The aligner characterized by being equipment which changes the scale factor of the 2nd direction which drives the aforementioned mask in the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system through the aforementioned mask stage, and intersects perpendicularly in the direction of an optical axis and the 1st direction of the above of the aforementioned projection optical system.

[Claim 10] In an aligner according to claim 9 The aforementioned lighting light for exposure is an aligner characterized by being the light of a vacuum-ultraviolet region.

[Claim 11] In an aligner according to claim 9 It is the aligner which the aforementioned projection optical system is catoptric system which consists only of a reflected light study element, and is characterized by the aforementioned mask being a reflected type mask.

[Claim 12] In an aligner according to claim 11 The aforementioned lighting light for exposure is an aligner characterized by being the light of a soft X ray field.

[Claim 13] In an aligner according to claim 2 or 4 The focal position detection system and; which detect the position of the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system of the substrate on the aforementioned substrate stage.

The aligner characterized by having further the stage control unit which gives the offset corresponding to the amount of drives of the aforementioned optical-axis direction of the aforementioned mask by the aforementioned scale-factor change equipment to the aforementioned focal detection system, and carries out feedback control of the position of the direction of an optical axis of the aforementioned substrate stage based on the detection result of this focal position detection system.

[Claim 14] In an aligner according to claim 1 It has further detection equipment which detects two or more alignment marks on the aforementioned substrate using the aforementioned mark-detection system

in advance of the imprint to the aforementioned substrate of the pattern of the aforementioned mask. It is the aligner characterized by to make a change of the scale factor by the aforementioned scale-factor change equipment based on the position detection result of two or more alignment marks by the aforementioned detection equipment.

[Claim 15] In an aligner given in any 1 term of claims 1, 2, 4, 6, 7, and 9 The aforementioned projection optical system is an aligner characterized by the aforementioned mask side being a non-calling cent rucksack.

[Claim 16] It is the aligner which repeats and imprints the pattern of a mask on a substrate. The illumination system and; which irradiate the lighting light for exposure at the aforementioned mask. The projection optical system and; which project the aforementioned lighting light for exposure by which outgoing radiation was carried out from the aforementioned mask on the aforementioned substrate.

The substrate stage and; holding the aforementioned substrate.

The mark detection system and; which detect the mark which exists on the aforementioned substrate stage.

Judgment equipment and; which judge the existence of the need for renewal of the amount of base lines of the aforementioned mark detection system based on a predetermined criteria.

Renewal equipment of the base line and; which calculate the amount of base lines new when the result of judgment of the aforementioned judgment equipment is affirmative.

the amount of the aforementioned mark-detection system for which it asked beforehand on the occasion of the imprint to the aforementioned substrate of the aforementioned mask pattern when the judgment result of the aforementioned judgment equipment is negative of base lines -- using -- the position of the aforementioned substrate stage -- controlling -- case the judgment result of the aforementioned judgment equipment is affirmative -- the imprint by the aforementioned substrate of the aforementioned mask pattern -- facing -- the above -- an aligner equipped with the stage control unit which controls the position of the aforementioned substrate stage using the new amount of base lines

[Claim 17] In an aligner according to claim 16 The aforementioned judgment equipment is an aligner characterized by judging the existence of the need for renewal of the amount of base lines of the aforementioned mark detection system based on whether the aforementioned substrate which is the object of an imprint of a mask pattern is the head of a lot.

[Claim 18] In the exposure method which imprints the pattern formed in the aforementioned mask, carrying out the synchronized drive of a mask and the substrate on the aforementioned substrate through a projection optical system The pattern of the mask which irradiated the lighting light for exposure with the predetermined incident angle to the pattern side of the aforementioned mask, and was illuminated by the aforementioned lighting light for exposure is faced imprinting on the aforementioned substrate through the aforementioned projection optical system. The exposure method characterized by controlling the position of the aforementioned substrate using the amount of base lines of the mark detection system which detects the alignment mark on the aforementioned substrate corresponding to after this setup while setting the projection scale factor of the aforementioned synchronized-drive direction of the aforementioned projection optical system, and the direction which intersects perpendicularly as a desired value.

[Claim 19] In the exposure method according to claim 18 The aforementioned amount of base lines corresponding to after a setup of the aforementioned projection scale factor is the exposure method characterized by being what detected after a setup of the aforementioned projection scale factor.

[Claim 20] In the exposure method according to claim 18 The aforementioned amount of base lines corresponding to after a setup of the aforementioned projection scale factor is the exposure method characterized by amending the amount of base lines calculated beforehand by calculation according to the set-up projection scale factor.

[Claim 21] In the exposure method given in any 1 term of claims 18-20 It is the exposure method which the aforementioned mask is a reflected type mask and is characterized by the aforementioned projection optical system being catoptric system.



[Claim 22] In the exposure method which carries out the synchronized drive of a mask and the substrate, and imprints the pattern of the aforementioned mask on the aforementioned substrate through a projection optical system So that the shift of the projection field of a pattern image in the image field of the aforementioned projection optical system which adjusts the optical property of the aforementioned projection optical system in advance of the aforementioned imprint, originates in adjustment of the aforementioned optical property and is produced may be compensated The exposure method characterized by adjusting the physical relationship of the aforementioned projection field and the aforementioned substrate in the aforementioned synchronized drive.

[Claim 23] In the exposure method according to claim 22 In order to determine the exposure position of the aforementioned substrate using the positional information which detects the mark on the aforementioned substrate by the mark detection system, and is obtained and to adjust the relative position of the aforementioned projection field and the aforementioned substrate The exposure method characterized by controlling the synchronized drive of the aforementioned substrate to the aforementioned mask according to the exposure positional information by which a decision was made [ aforementioned ] with the amount of base lines of the aforementioned mark detection system after adjustment of the aforementioned optical property.

[Claim 24] In the exposure method according to claim 22 The exposure method characterized by using one side of the amount of base lines of the aforementioned mark detection system calculated in the aforementioned synchronized drive from the amount of base lines and the optical property by which adjustment was carried out [ aforementioned ] of the aforementioned mark detection system measured after adjustment of the aforementioned optical property.

[Claim 25] In the exposure method given in any 1 term of claims 22-24 Two or more positional information which detects two or more marks on the aforementioned substrate by the aforementioned mark detection system, and is obtained, It is based at least on one side with two or more positional information which detects two or more marks on the aforementioned mask, and is obtained through the aforementioned projection optical system. The exposure method characterized by moving the aforementioned mask in the direction which met the optical axis of the aforementioned projection optical system, and adjusting the projection scale factor of the aforementioned pattern image about the direction of a synchronized drive of the aforementioned substrate, and the direction which intersects perpendicularly.

[Claim 26] In the exposure method given in any 1 term of claims 22-24 The aforementioned mask A chief ray is the reflected type mask irradiated with the lighting light for exposure which inclined to the pattern side. the aforementioned lighting light for exposure It is the exposure method characterized by being the extreme ultraviolet radiation which has a spectrum in wavelength of 5-15nm, and for the aforementioned mask side being a non-calling cent rucksack, and the aforementioned projection optical system consisting of only two or more reflected light study elements.

[Claim 27] It is the exposure method which imprints the pattern of a mask repeatedly through a projection optical system on a substrate. The 1st process and; which supervise change of the physical quantity leading to [ of the amount of base lines of the mark detection system which detects the mark on the aforementioned substrate ] change.

The 2nd process and; the aforementioned physical quantity judges the existence of the need for renewal of the amount of base lines of the aforementioned mark detection system to be based on whether the predetermined allowed value was exceeded.

The exposure method including the 3rd process which calculates the new amount of base lines when the aforementioned judgment result is affirmative, controls the position of the aforementioned substrate using the calculated amount of base lines, and is exposed by controlling the position of the aforementioned substrate using the amount of base lines of the aforementioned mark detection system for which it asked beforehand when the aforementioned judgment result was negative.

[Claim 28] In the exposure method according to claim 27 The physical quantity supervised in the 1st process of the above is the exposure method characterized by being the thermal-expansion variation of the aforementioned mask.

[Claim 29] In the exposure method according to claim 28 The thermal-expansion variation of the aforementioned mask is the exposure method characterized by being what presumed based on the measurement result of the temperature distribution of the aforementioned mask.

[Claim 30] In the exposure method according to claim 27 The physical quantity supervised in the 1st process of the above is the exposure method characterized by being the image formation property of the aforementioned projection optical system.

[Claim 31] In the exposure method according to claim 27 The aforementioned projection optical system is the optical system containing a mirror. The physical quantity supervised in the 1st process of the above is the exposure method characterized by being the deformation of the aforementioned mirror.

[Claim 32] It is the manufacture method of the aligner which imprints the pattern of a mask on a substrate. The process and; which provide the aforementioned mask with the illumination system which irradiates the lighting light for exposure.

The process and; which offer the projection optical system which projects the aforementioned lighting light for exposure by which outgoing radiation was carried out from the aforementioned mask on the aforementioned substrate.

The process and; which offer the scale-factor change equipment which changes the projection scale factor of the aforementioned projection optical system.

The process and; which offer the substrate stage holding the aforementioned substrate.

The process and; which offer the mark detection system which detects the mark which exists on the aforementioned substrate stage.

The manufacture method of the aligner which includes the process which offers an amendment compensator for a projection position gap of the aforementioned mask pattern using the amount of base lines of the aforementioned mark detection system corresponding to after the scale-factor change when a scale factor is changed by the aforementioned scale-factor change equipment on the occasion of the imprint of a up to [ the aforementioned substrate of the aforementioned mask pattern ].

[Claim 33] In the manufacture method of an aligner according to claim 32 The process and; which offer the mask stage holding the aforementioned mask.

The manufacture method of the aligner characterized by including further the process which offers the driving gear which carries out the synchronized drive of the aforementioned mask stage and the aforementioned substrate stage in the 1st direction which intersects perpendicularly in the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system.

[Claim 34] In the device manufacture method including a lithography process The device manufacture method characterized by using an aligner according to claim 1 or 16 at the aforementioned lithography process.

[Claim 35] In the device manufacture method including a lithography process The device manufacture method characterized by exposing using the exposure method of a publication in any 1 term of claims 18, 22, and 27 at the aforementioned lithography process.

[Claim 36] The device manufactured by any 1 term of claims 18, 22, and 27 using the exposure method of a publication.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

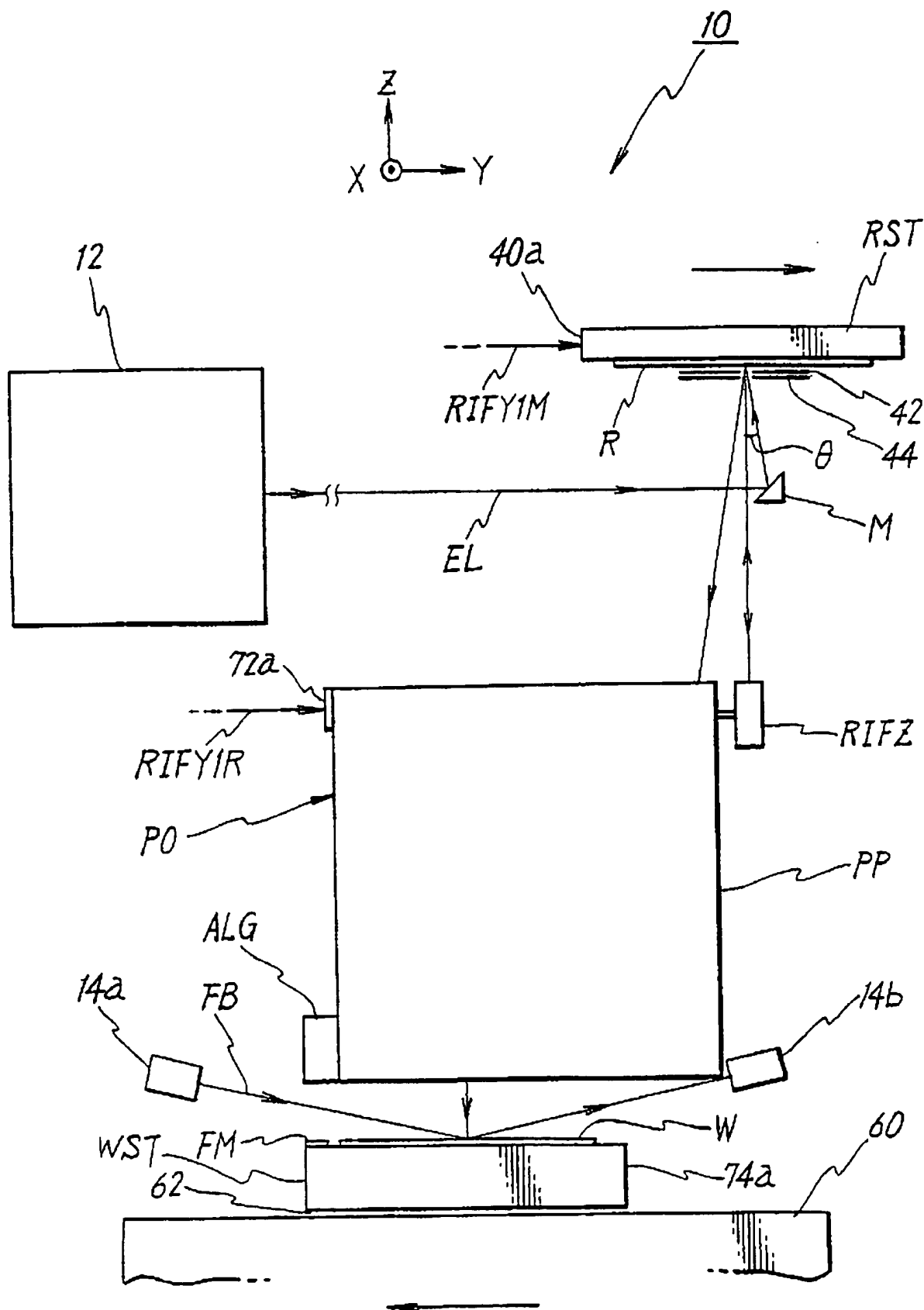
---

**DRAWINGS**

---

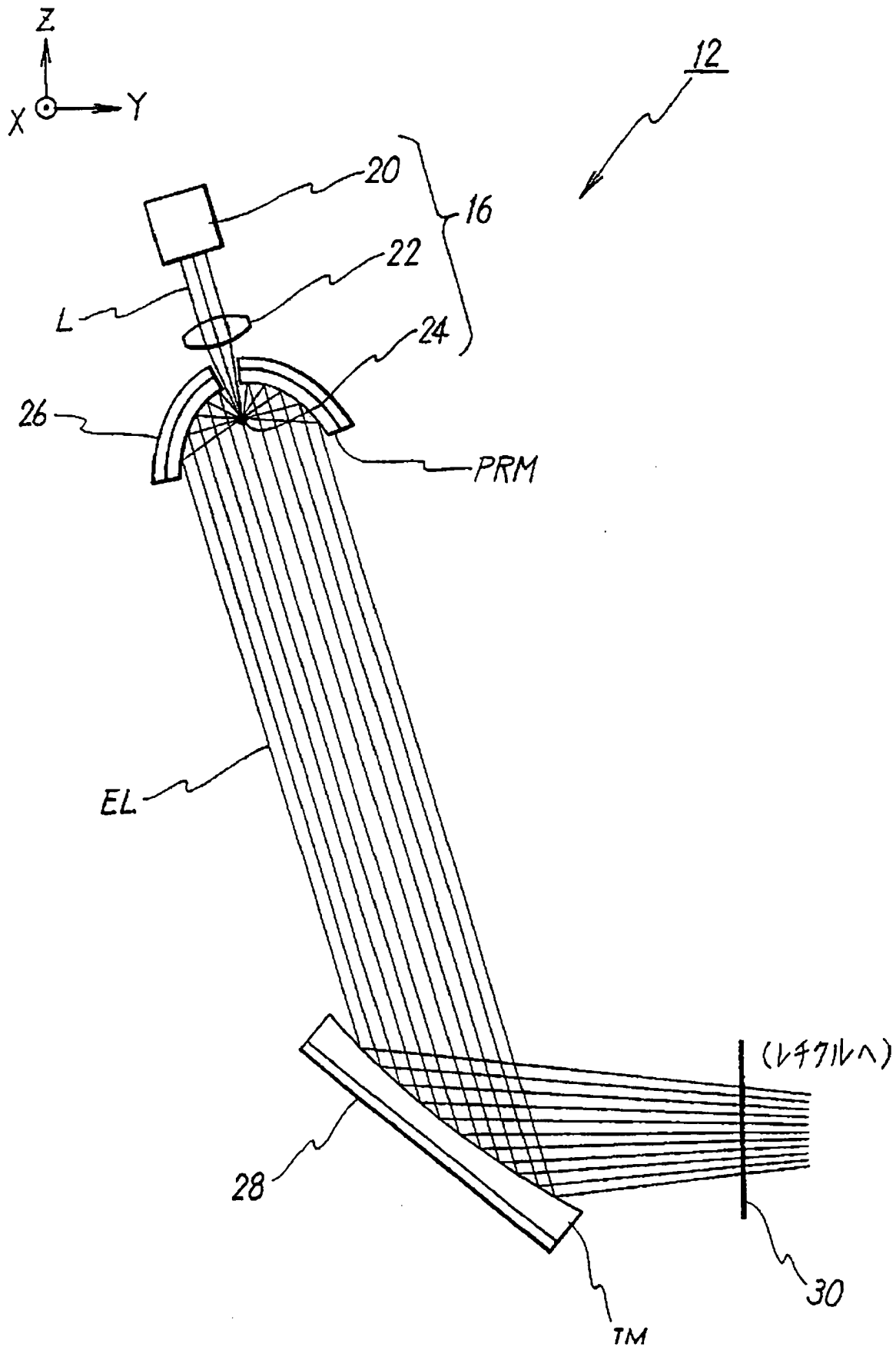
[Drawing 1]

Fig. 1



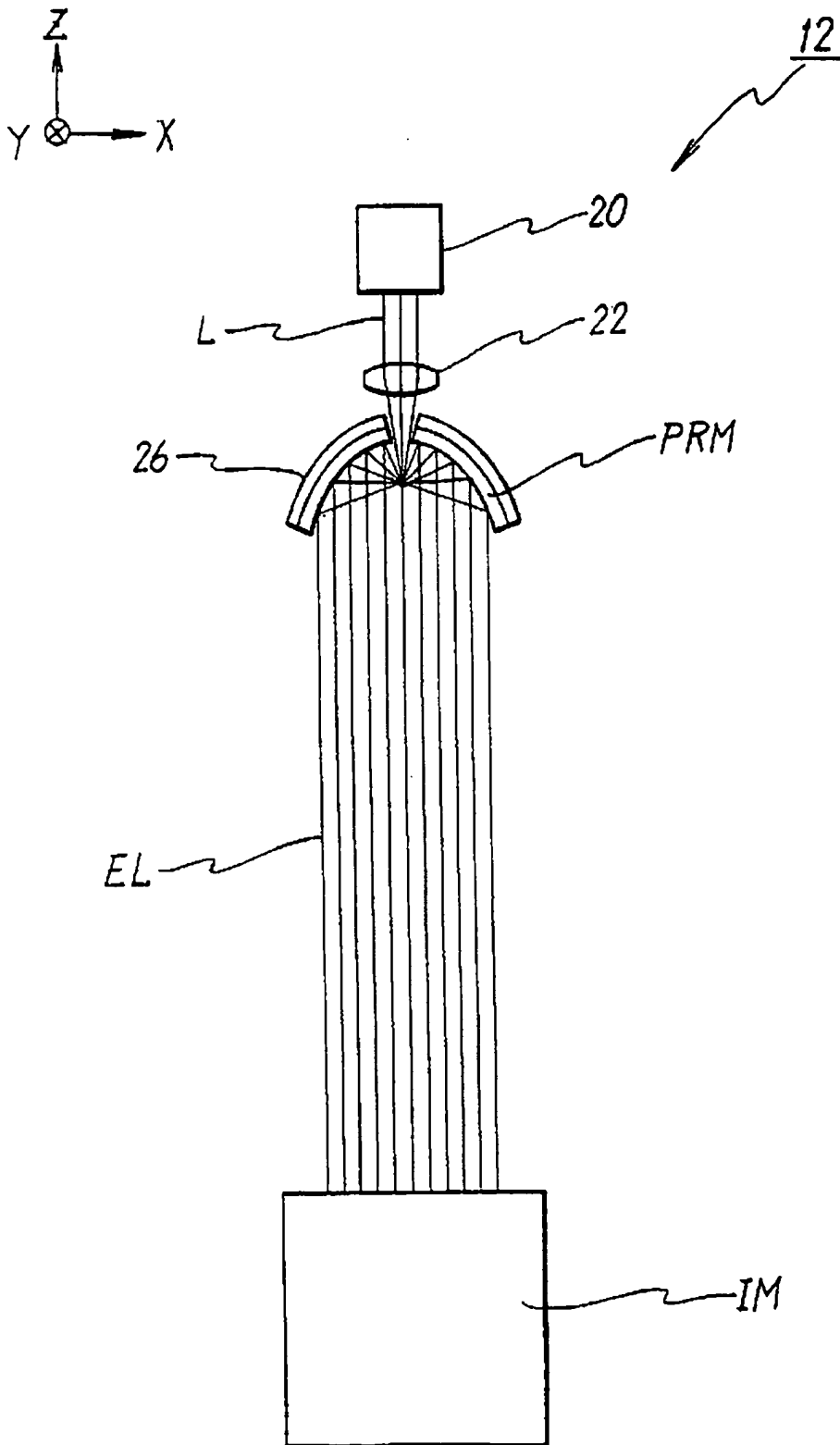
[Drawing 2]

Fig. 2



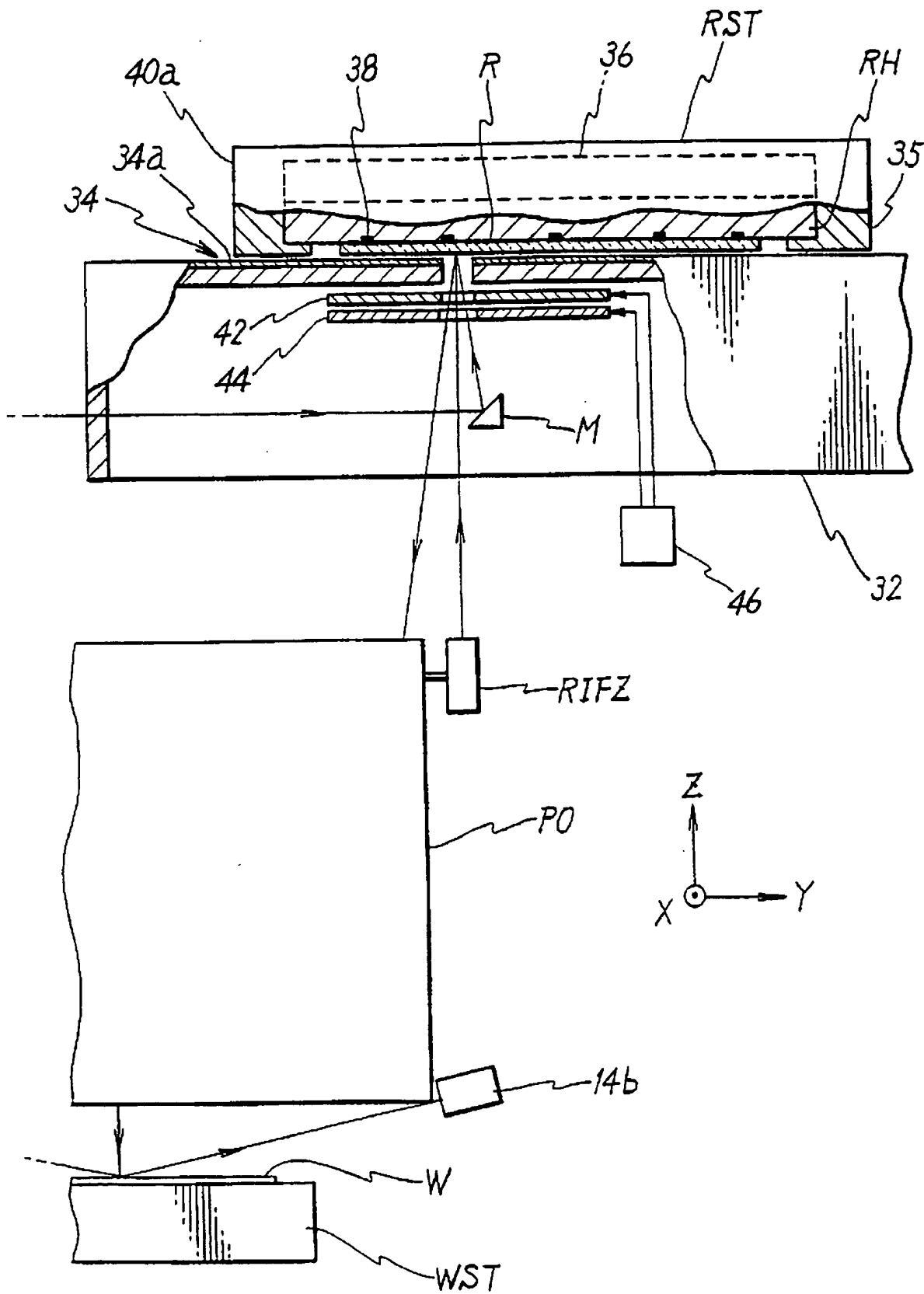
[Drawing 3]

F i g . 3



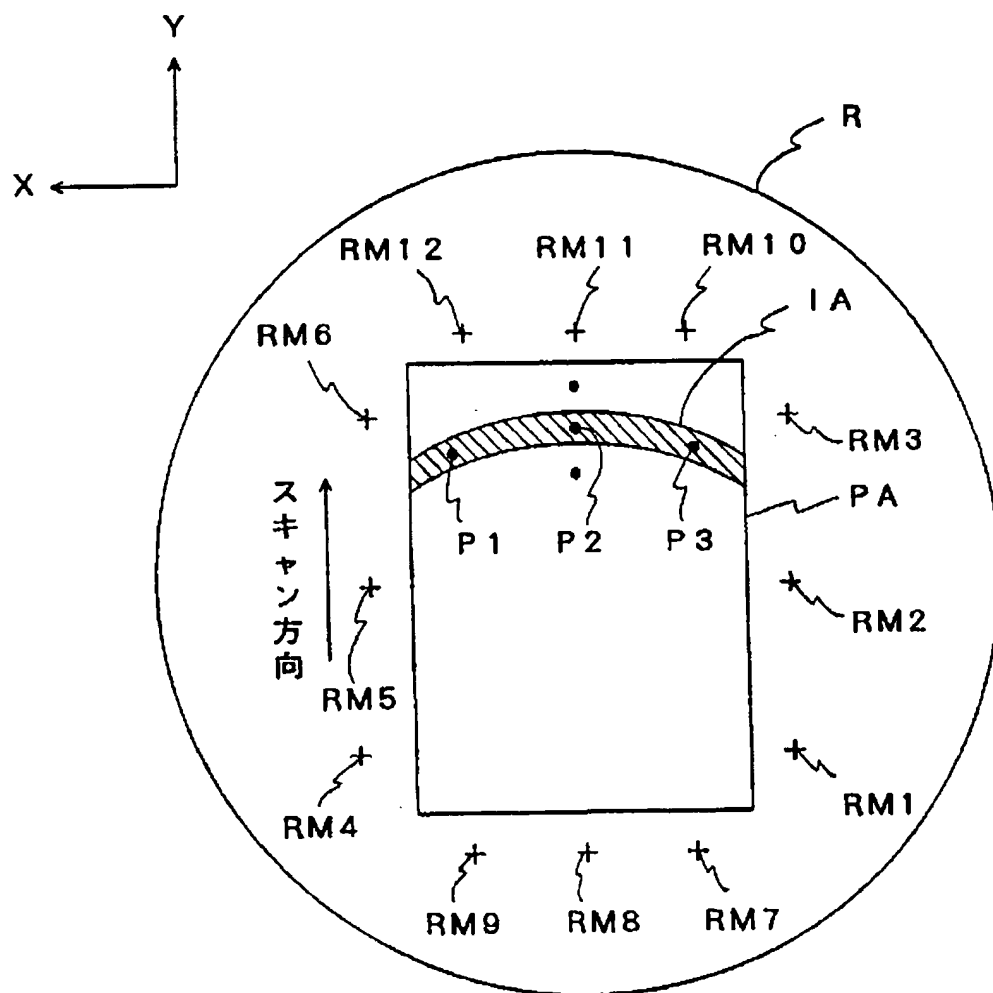
[Drawing 4]

Fig. 4



[Drawing 5]

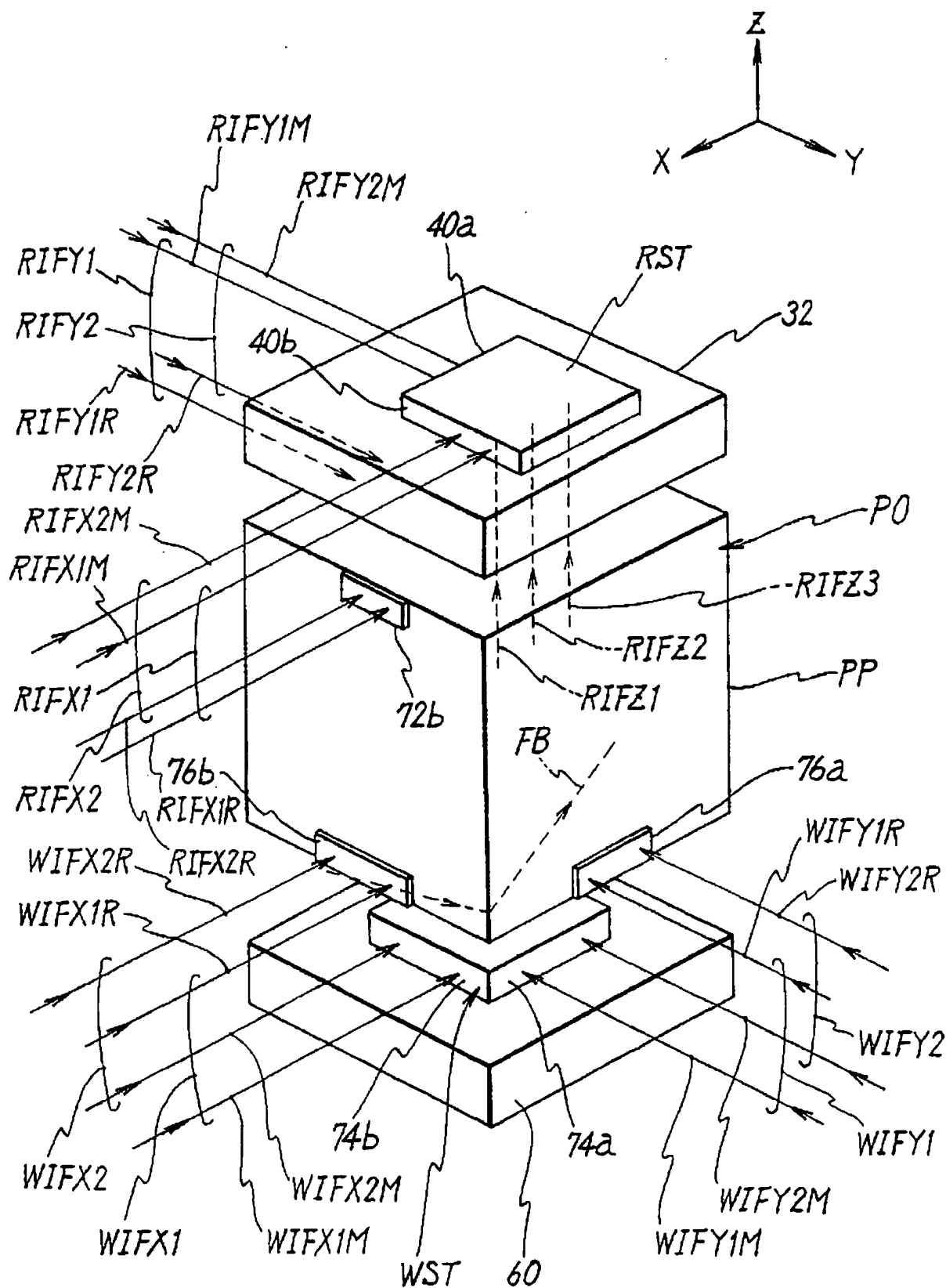
F i g . 5



[Drawing 6]

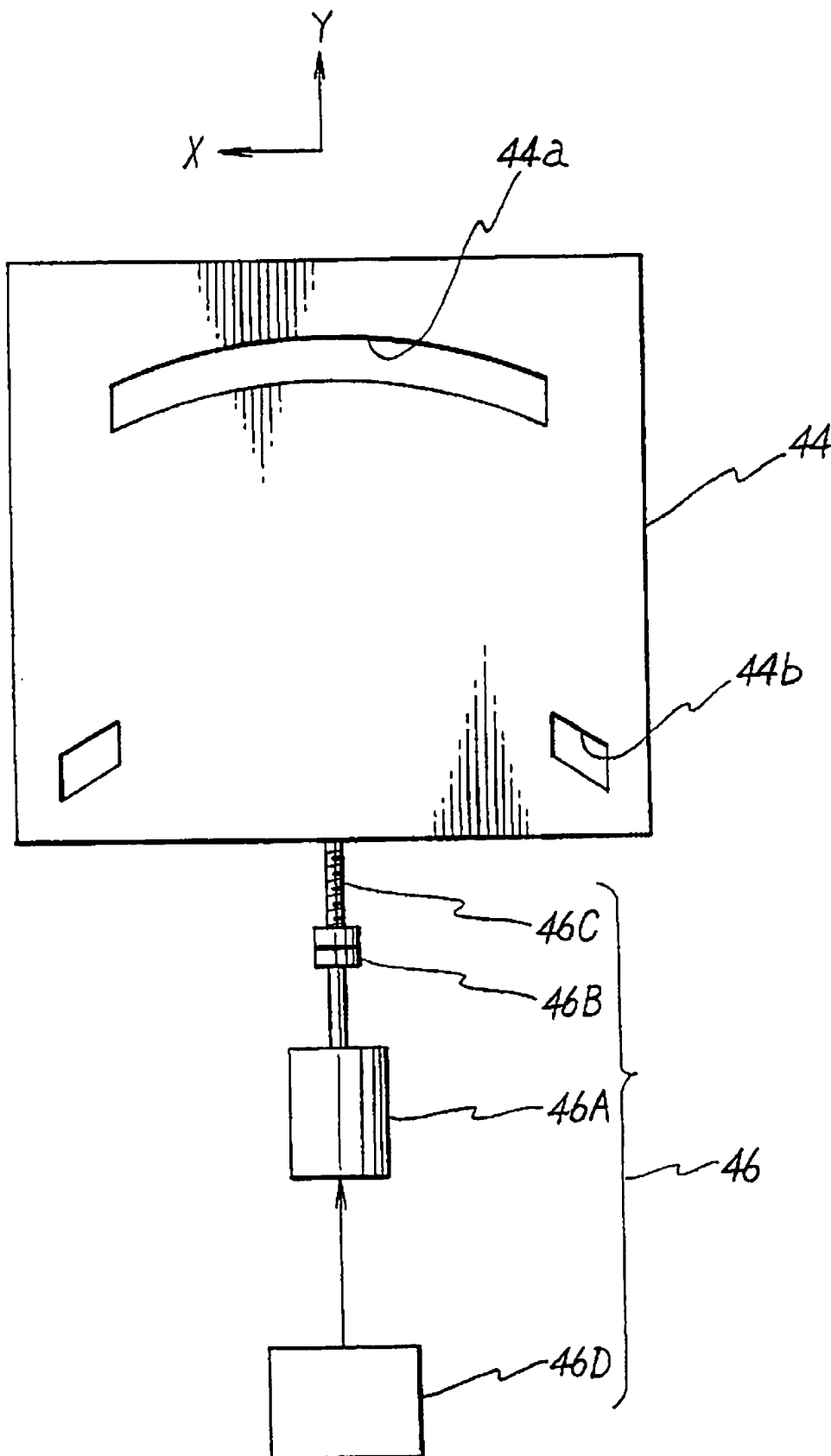


Fig. 6



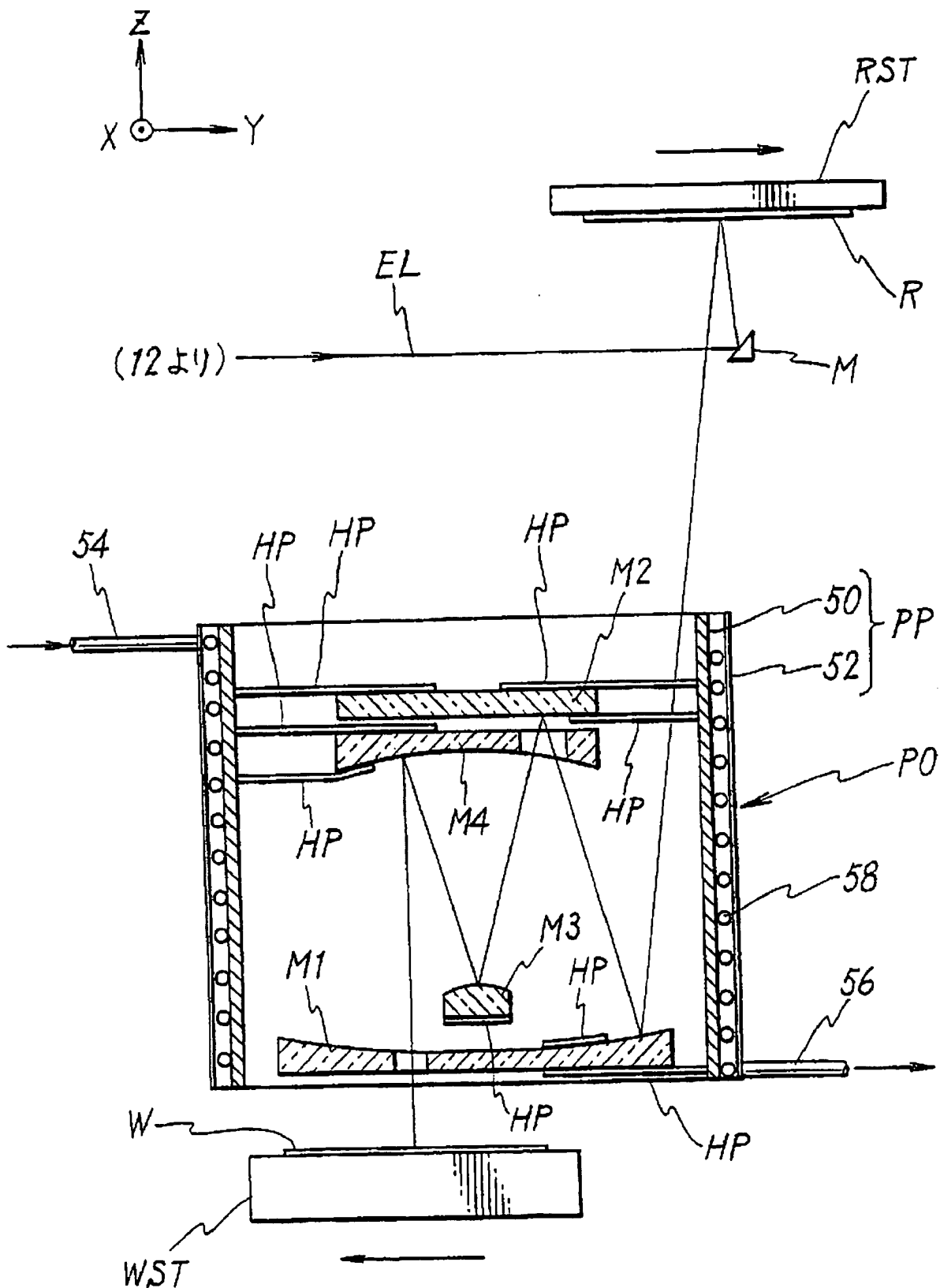
[Drawing 7]

Fig. 7



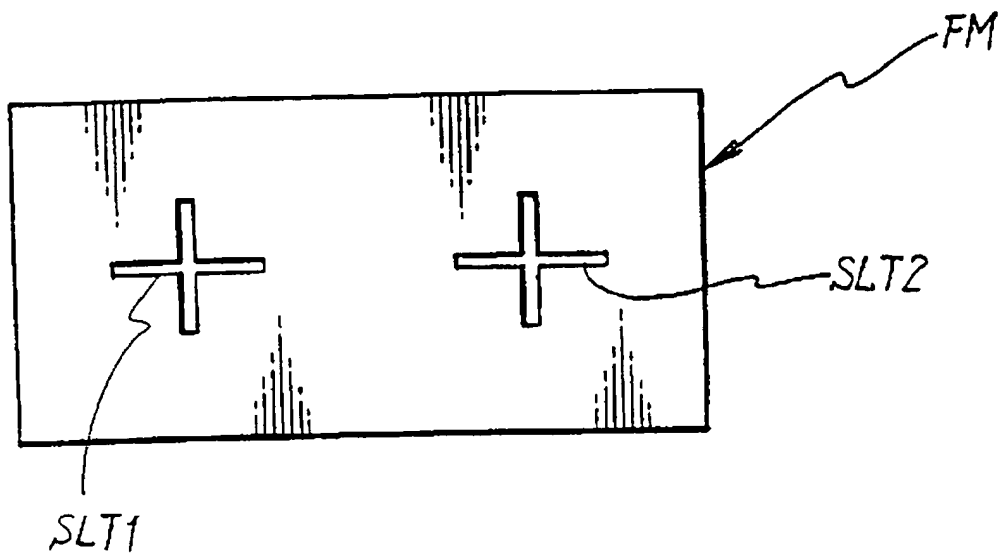
[Drawing 8]

F i g . 8



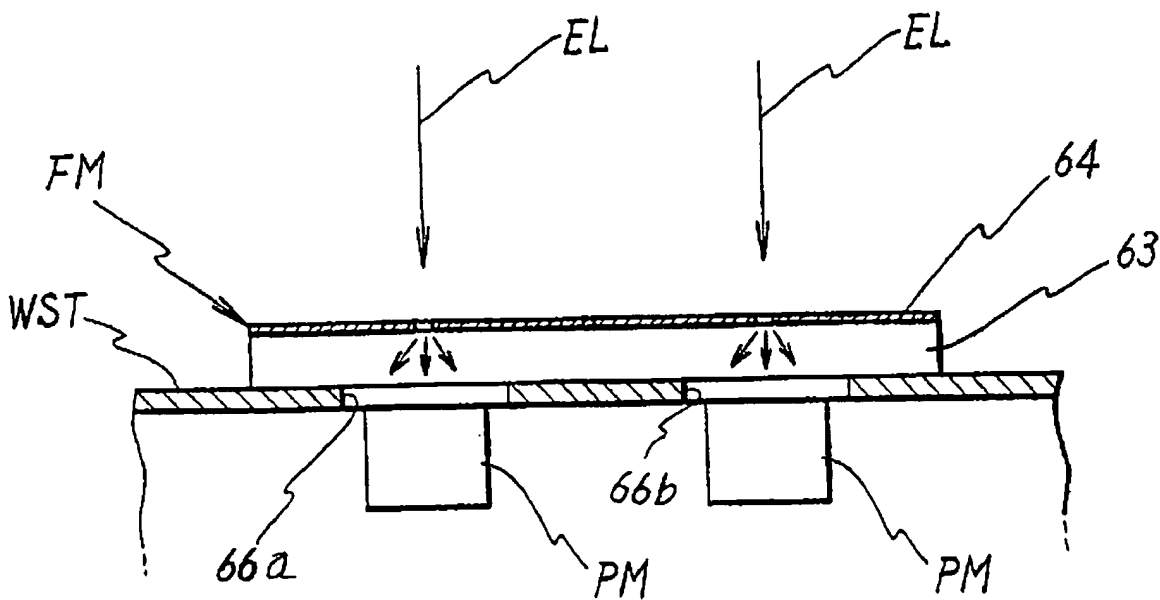
[Drawing 9 A]

Fig. 9A



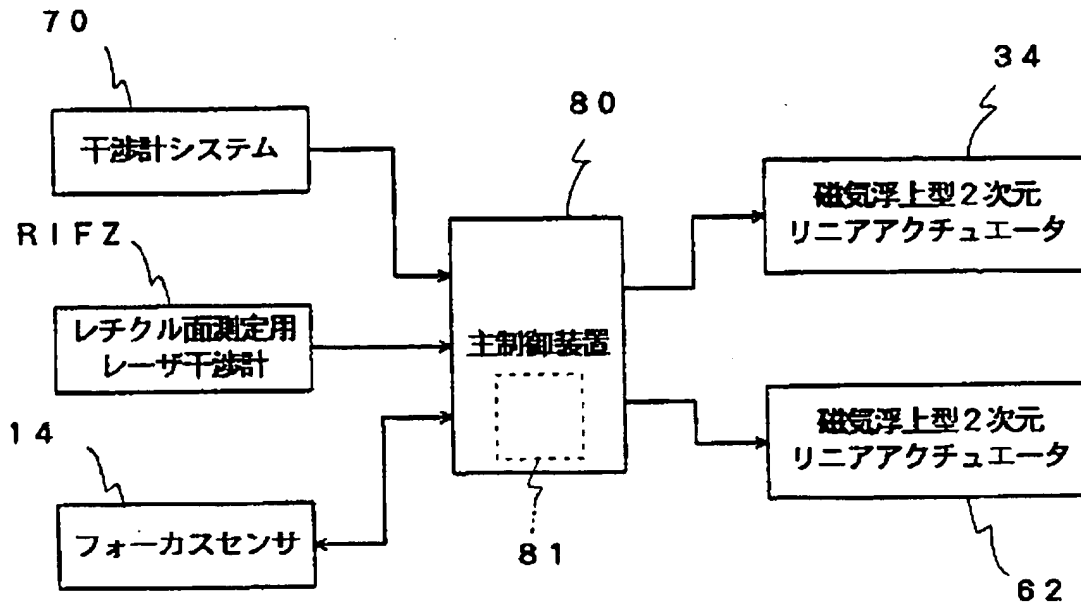
[Drawing 9 B]

Fig. 9B



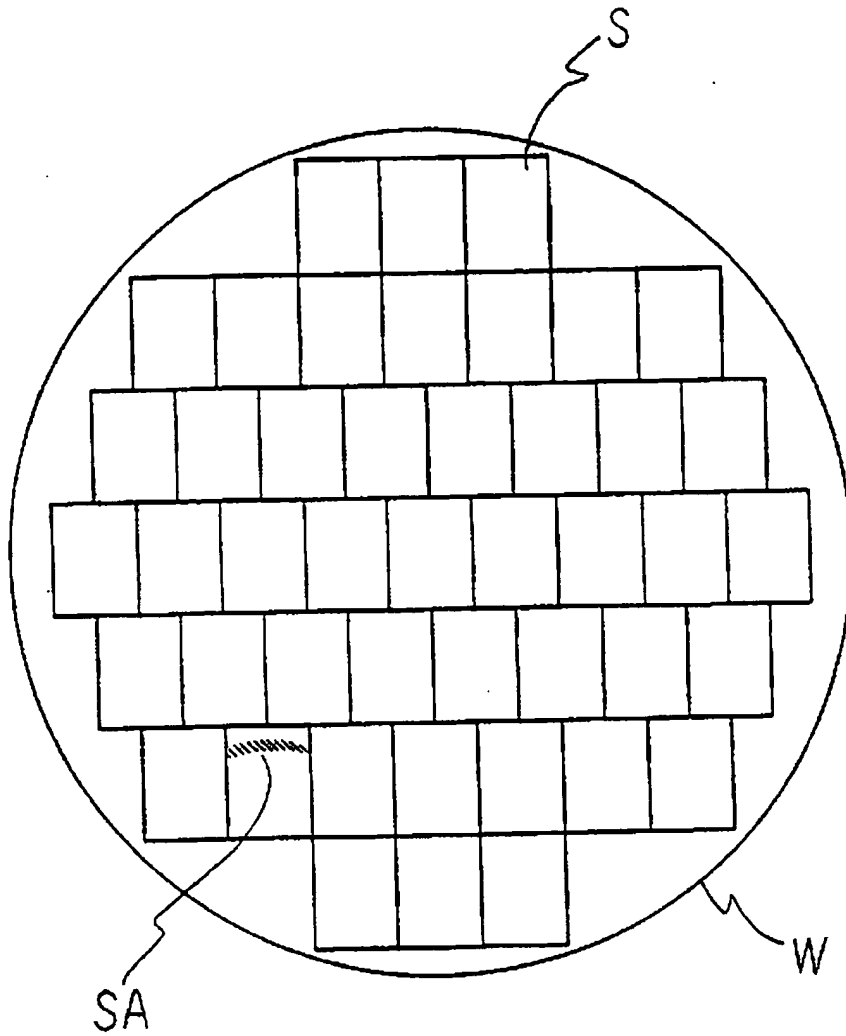
[Drawing 10]

Fig. 10



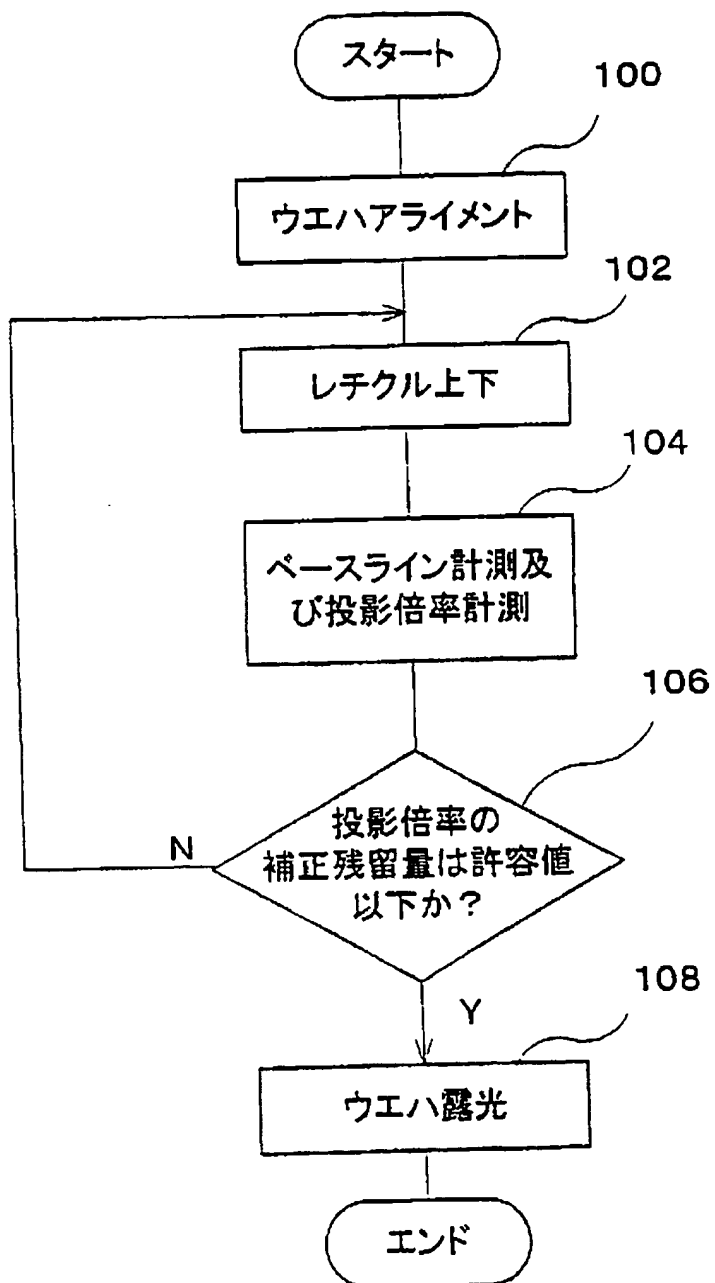
[Drawing 11]

Fig. 11



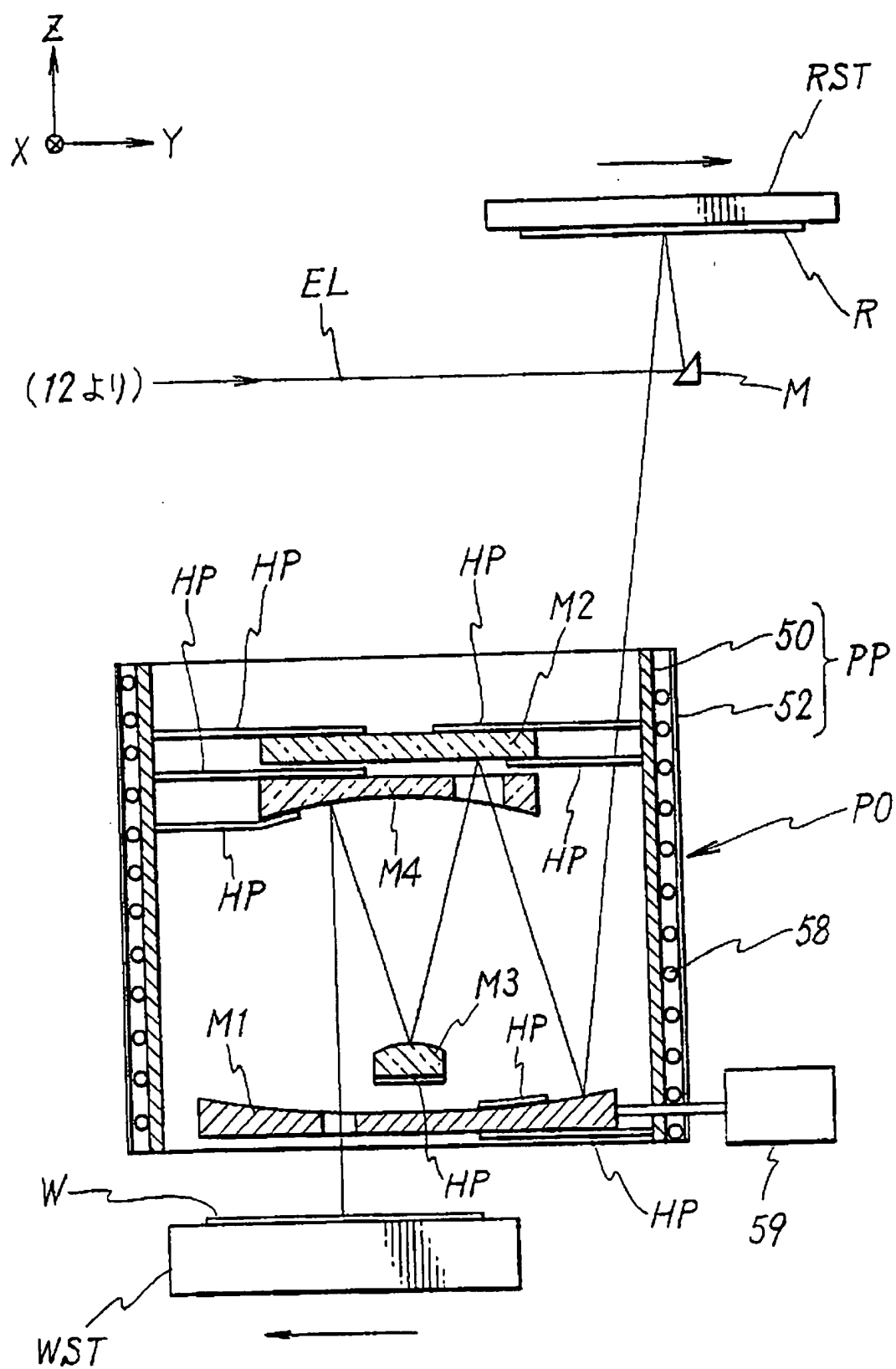
[Drawing 12]

Fig. 12



[Drawing 13]

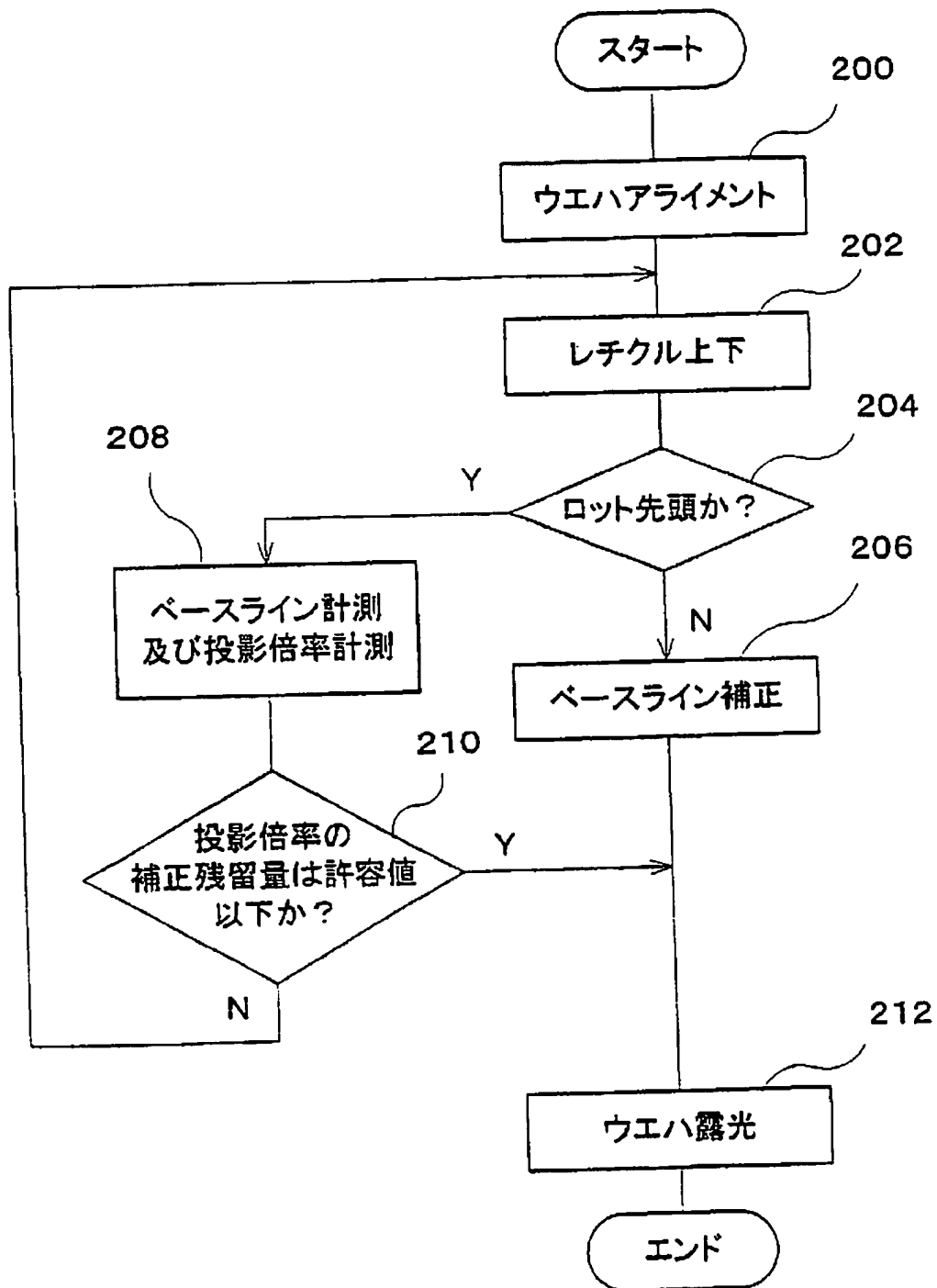
Fig. 13



[Drawing 14]

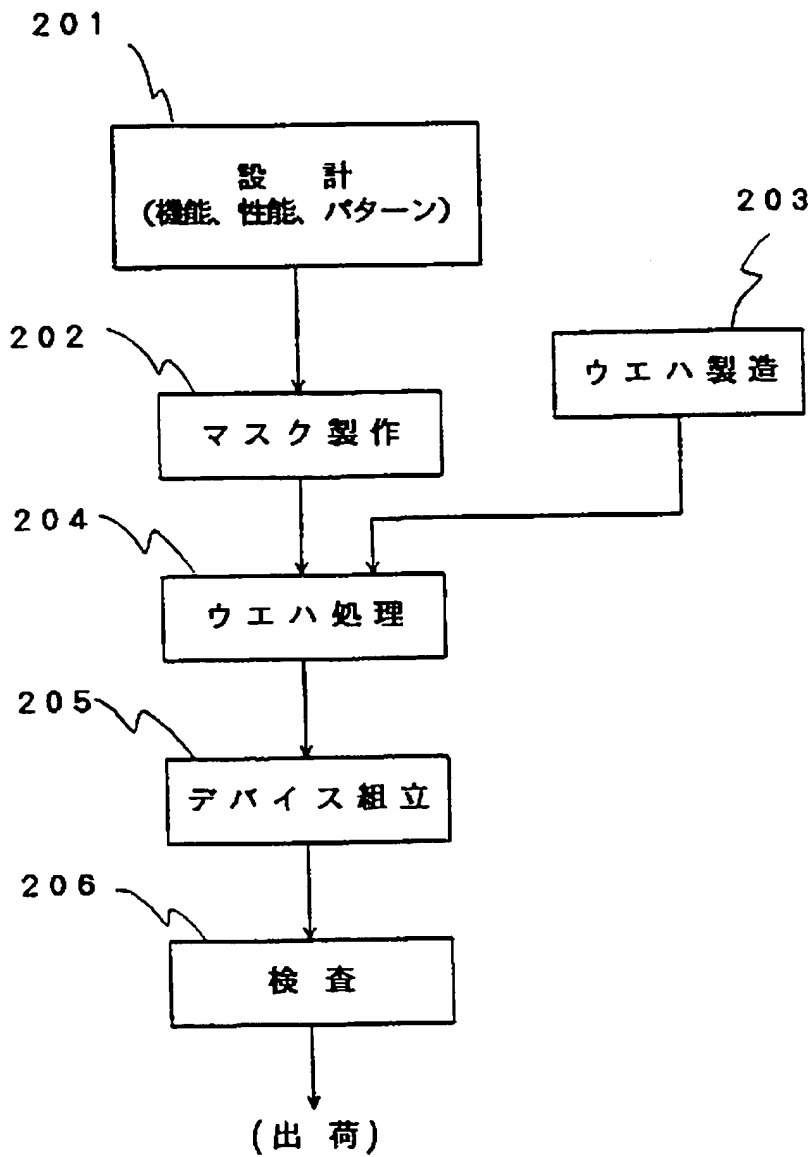


Fig. 14



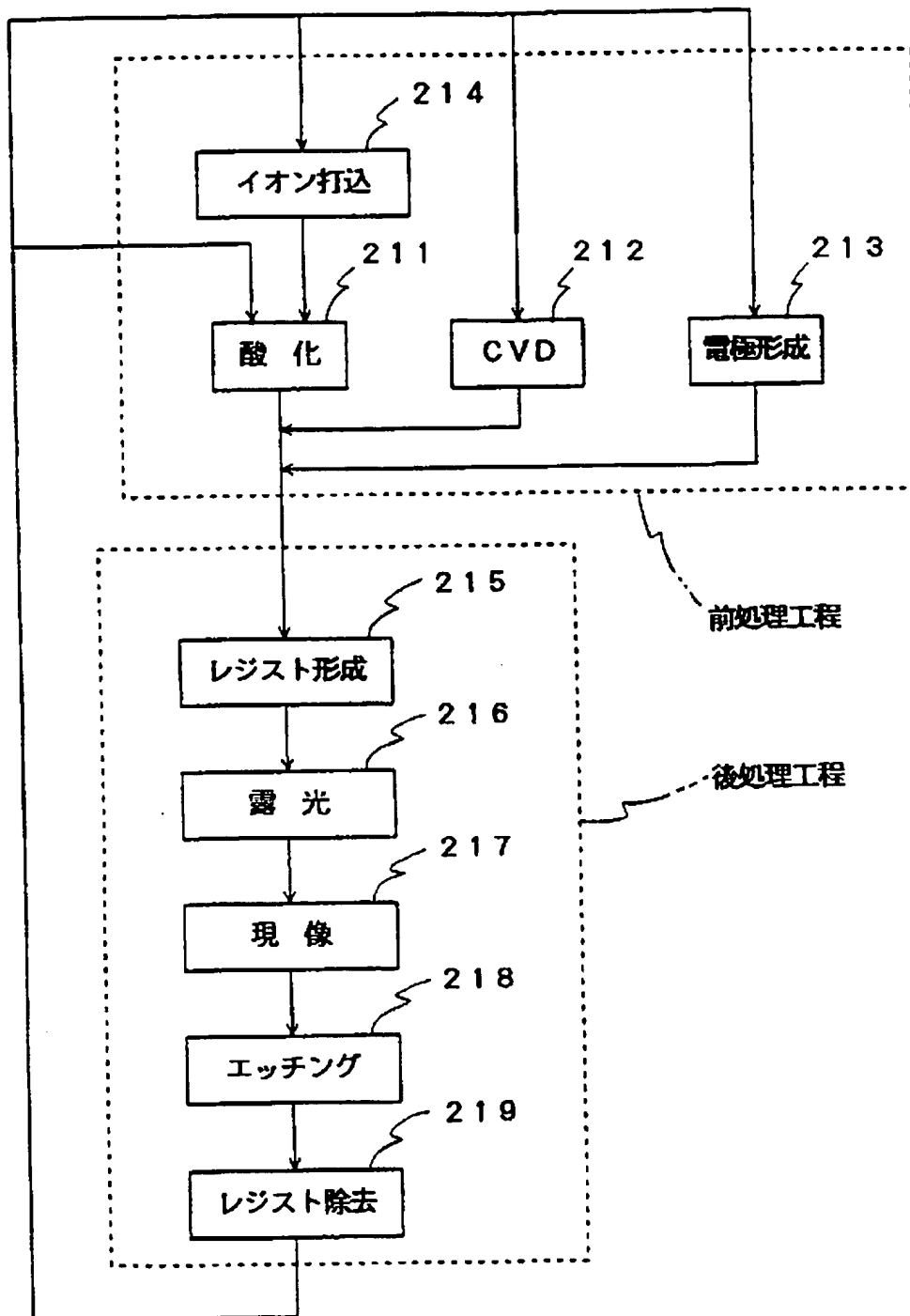
[Drawing 15]

Fig. 15



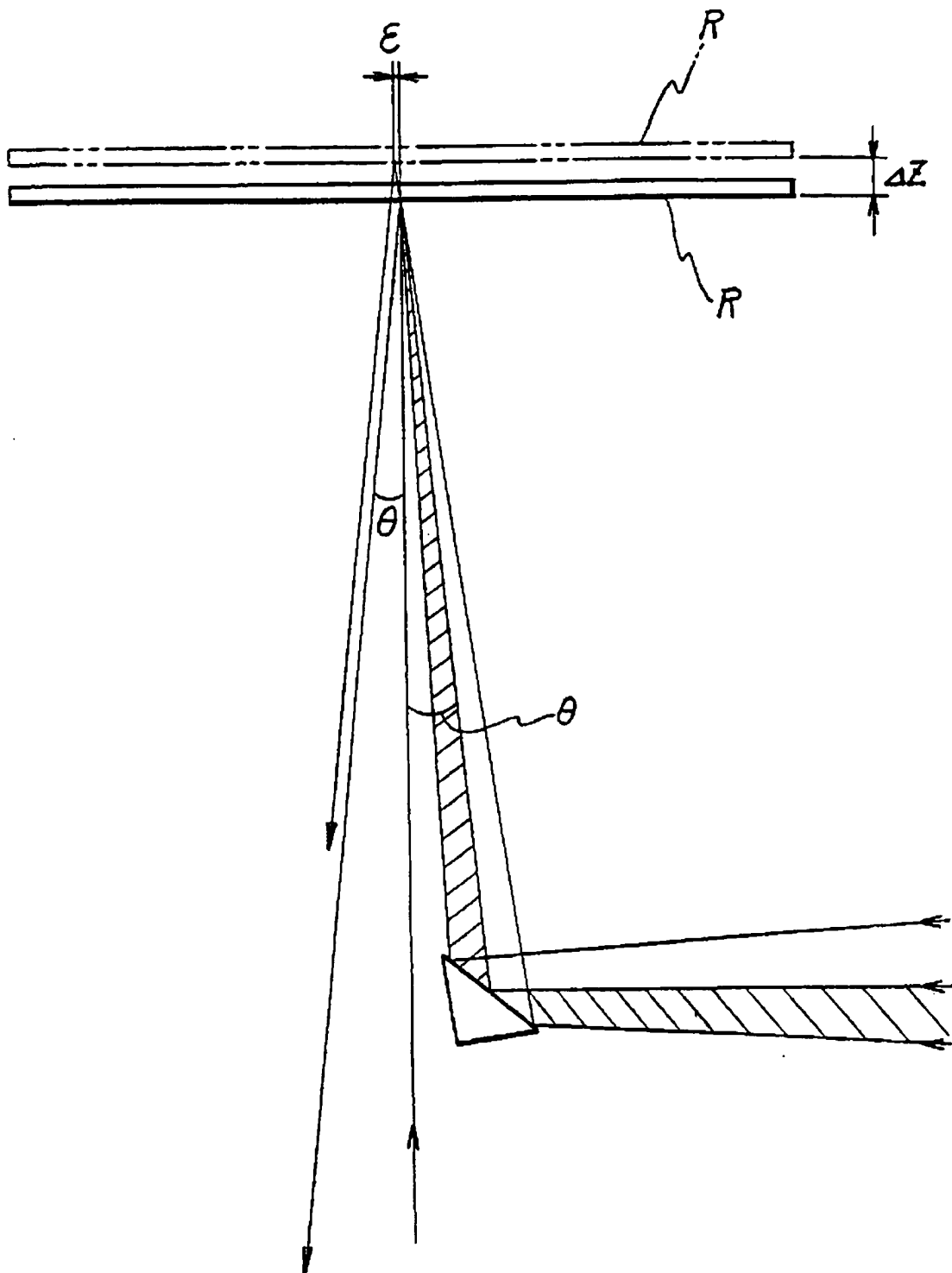
[Drawing 16]

Fig. 16



[Drawing 17]

Fig. 17



[Translation done.]